د. هاري نيكولز هولمز

قصة الكيمياء

من خلال أنبوبة الاختبار

ترجمة

د. الفونس رياض

د. عبد العظيم عباس

الكتاب: قصة الكيمياء.. من خلال أنبوبة الاختبار

الكاتب: د. هاري نيكولز هولمز

ترجمة: د. الفونس رياض، د. عبد العظيم عباس

الطبعة: ٢٠٢١

الطبعة الأولى ١٩٥١

الناشر: وكالة الصحافة العربية (ناشرون)

٥ ش عبد المنعم سالم – الوحدة العربية – مدكور- الهرم – الجيزة - جمهورية مصر العربية

هاتف : ٣٥٨٢٥٢٩٣ _ ٣٥٨٦٧٥٧٦ _ ٣٥٨٦٧٥٧٥

فاكس : ٣٥٨٧٨٣٧٣

http://www. bookapa.com E-mail: info@bookapa.com

دار الكتب المصرية

فهرسة أثناء النشر

هولمز ، هاري نيكولز

قصة الكيمياء.. من خلال أنبوبة الاختبار / د. هاري نيكولز هولمز,

ترجمة: د. الفونس رياض، د. عبد العظيم عباس

– الجيزة – وكالة الصحافة العربية.

٢٩٨ ص، ١٨*٢١ سم.

الترقيم الدولى: ٠ – ٢٥٣ – ٩٩١ – ٩٧٧– ٩٧٨

أ – العنوان رقم الإيداع : ١٠٧٠٤ / ٢٠٢١

قصة الكيمياء
من خلال أنبوبة الاختبار

وكالة الصحافة العربية
«ناشرون»

تقديم

كان للكيمياء دور خطير في تقديم البشرية منذ نشأتها، فهي تتغلغل في شتى نواحي الإنتاج الصناعي والزراعي، وفي ميادين الخدمات الطبية وغيرها، كما أن لها أهميتها الكبرى في شئون الدفاع.

ولا تكاد تخلو صناعتنا القائمة والمقبلة من عملية كيميائية أساسية تتصل بالخامات أو الإعداد أو الإنتاج، وهكذا الشأن في كل بلاد العالم، مما أدى إلى تنافس الدول في ميادين البحوث الكيميائية لاستنباط طرق أو منتجات جديدة تخفض من تكاليف إنتاج السلع، وبالتالي تقوى على مقاومة المنافسة أو التحكم الأجنبي.

ويعرض هذا الكتاب بطريقة مشوقة قصة الكيمياء منذ بدأت، يعرضها المؤلف في أسلوب ممتع تتجسم فيه كرة البحث العلمي، يتقاذفها العلماء في كافة أنحاء العالم، وهي على مر الأزمان والعصور، تزداد جدرانها قوة وسرعتها اندفاعاً، وينبثق منها بين الحين والحين نفحات تفيد البشرية في كفاحها لحماية الشعوب، ورفع مستوى المعيشة بين الأفراد.

ومؤلف الكتاب أمريكي، يحاول بالطبع أن يربط بين تطور علم الكيمياء في العالم وانعكاساته على المجتمع الأمريكي بالذات، وهو في ذلك يبرز الأدوار التي قام بها العلماء الأمريكيون في مجال البحث العلمي الكيميائي كما يبرز تطور الصناعات الكيميائية الأمريكية بوجه عام.

وقد كانت ترجمة ومراجعة هذا الكتاب عملية شاقة، لتحويله من كتاب قد يستسيغ أسلوبه القارئ الأمريكي إلى كتاب اعتقد انه في صورته الحالية صالح ومفيد ومشوق للقارئ العربي، تندمج فيه الكشوف النظرية بالتطبيقات العملية في كافة ميادين الإنتاج الزراعي والصناعي والخدمات العامة.

وقد نجح المؤلف في الربط بين علم الكيمياء والمجتمع، فأعطى مثالاً يتفق مع اتجاهات بلادنا في نهضتنا الحالية التي نعمل فيها على تعبئة كافة جهود علمائنا العاملين في ميدان البحث العلمي، ليجعلوا من العلم أداة تخدم مباشرة برامج التنمية الاقتصادية والاجتماعية في وطننا العزيز.

د.عبد الفتاح إسماعيل

مقدمة

في الوقت الذي تتثاءب فيه مسترخياً في كرسيك، تشتبك الكيمياء في معارك مريرة في كثير من الجبهات ضد الحشرات أعداء الإنسان التي مازالت تبسط سلطانها على الأرض، وضد أمراض البكتيريا التي كانت تهدد بين حين وآخر بإفناء الجنس البشري، وضد غضبات الطبيعة وأسرارها الخفية.

هذه الأسلحة تستلها الكيمياء، لا من الغمد أو كنانة السهام أو حزام الرصاص، بل من أنبوبة الاختبار.

ولقد أحرزت الكيمياء انتصارات ذات شأن كبير في بعض الميادين البارزة، مثال ذلك غزو الهواء، ذلك الغزو الكيميائي الرائع الذي أمكن بواسطته تحويل مقادير لا حد لها من النيتروجين الجوي إلى مخصبات و مواد مفرقعة.

أما صراع الكيمياء ضد الصخور والنتوءات والجبال، فقد أمكن الانتصار فيه عن طريق القوى الكيميائية التي تطلقها المتفجرات، لكي تجعل التعدين وإنشاء الطرق والأنفاق والملاحة أقل نفقة وأكثر أمناً.

ولكن الكيميائي لم يتغلب على مشكلة الصدأ الأحمر إلا بمقدار النصف، وفشل فشلاً مؤسفاً في أن يضاعف من قدرة ورقة الشجر الخضراء على تحويل أشعة الشمس إلى غذاء ووقود.

وكان يبدو لفترة ما، أن عصر المحركات سينقضي بنفاد منابع الزيت، إلا أن الباحث الكيميائي قد دفع هذا الشبح المخيف إلى المستقبل البعيد. وفي نفس الوقت تجاهد الأمم للسيطرة على حقول البترول وعلى مناطق الرواسب المعدنية التي تمكن لها من بسط سلطانها على العالم. ويكافح كل بلد

في سبيل توفير الاكتفاء الذاتي. فقد حطمت ألمانيا احتكار اليابان لزيت الكافور باستخراج مركب من زيت التربنتينا، وهو عنصر أساسي في أفلام التصوير، كما استنبط العلماء الأمريكيون كيفية صناعة نوع جيد من المطاط الصناعي..

وإذا كنت أيها القارئ واحداً من هؤلاء الأذكياء الذين يبدون اهتماماً بالكيمياء برغم أنهم غير فنيين، والذين تحدوهم الرغبة في التغلغل في خفاياها، متجاوزين "عجائبها" إلى البحث في وسائلها!!

وإذا أردت أن تتفهم طرق بحثنا وتفكيرنا لكي تقرن الكيمياء بالحياة اليومية والاقتصاديات والعلاقات الاجتماعية والفنون والدفاع الوطني والشئون الدولية!!

فنحن نهدى إليك هذا الكتاب وأنت جالس في كرسيك المريح.

المؤلف

الفصل الأول

الطفرة الكبرى

تناول قيصر إفطاره في بيتك هذا الصباح. وهذا القيصر الذي ولد في حجر الملك، وألف جمع ألوان الترف من أقاصي إمبراطوريته إرضاء لنزواته ، واعتاد أن ينظر إلى مقامه الملكي كمركز للبسيطة، هذا القيصر بدأ يومه باستعمال الصابون بسخاء في حمامه دون أن يلق بالاً إلى أصله الكيميائي، أو إلى الكيمياء المعقدة الكامنة في وظيفته كمنظف، ومع ذلك، فعندما جرحته شفرة من الصلب وهو يحلق ذقنه، سارع إلى البحث عن مطهر في خزانة أدويته العامرة.

أما إفطاره الملكي، فقد شقى في إعداده عمال البساتين والمزارع على بعد ألف ميل، و جلبته له شبكة واسعة من المواصلات، وجمعت جريدته الصباحية بين يديه أنباء العالم التي سرت إليه مسرعة خلال آلاف الأسلاك، وكان جهاز التليفون في انتظار مكالمة تليفونية بينه و بين متكلم من ملايين الناس.

وبعد الإفطار دلف قيصر إلى عربة فخمة ذات إطارات من المطاط، ثم أهوى بسوطه على مائة من الخيول الكيميائية، فمضت به العربة تنهب الأرض نهباً لي عمله و لهوه.

وكان قيصر في كل خطوة من خطوات هذا اليوم العصري الذي بدأه هذه البداية الطيبة يستخدم مواد كيميائية، أو مواد حسنتها الكيمياء، و عمليات كيميائية تتفاوت بين البسيطة _كانفجار الجازولين_ والمعقدة كهضم الإفطار الملكي.

إنك أنت أيها القارئ هذا القيصر، وهذا العالم الكيميائي ما زال تحت إمرتك.

ويجدر بنا في هذا الصدد أن نعرض جزءاً من تاريخ العلوم الكيميائية، حتى يمكن أن نقدر هذه الطفرة الكبرى التي يحسها عالمنا الآن، وما وصلت إليه البشرية من تقدم

ورقي في شتى نواحي الحياة.

اجتازت البشرية قروناً عديدة في تطورها، منذ كان الإنسان يقفز كالقرد من شجرة إلى شجرة، تسيطر عليه الخرافات وتسيره قوى الطبيعة. وقد كان آباؤنا الأولون بطيئين الملاحظة، و تنقصهم السرعة في ترتيب ومقارنة ملاحظاتهم، وكانوا أبطأ من هذا وذاك في الوصول إلى تنبؤات صحيحة عما يحيط بهم من أشياء ومخلوقات، و بالاختصار لم تكن الطريقة العلمية في التفكير معروفة.

ولعل أول وثيقة يمكن الرجوع إليها في تاريخ العلم، هي وصف عملية جراحية أجريت في مصر منذ خمسة آلاف عام. تأمل ما حدث لأولئك الصيادين وهم يشوون صيدهم على نيران أشعلوها مصادفة في مكان غني بخامات الحديد. لقد شاهد أحدهم ـــوهو يأخذ آخر قطعة من الشواءـــ كتلة حديدية ثقيلة الوزن قد تأثرت بالنار، وأنه يمكن تشكيلها إلى أشكال مختلفة. إن ذلك الصياد لم يكن قطعاً أكثر دقة في الملاحظة من آلاف سبقوه بطهو صيدهم في هذا المكان. ولكن المصادفة أوجدته أمام هذا الحدث الذي يعتبر بزوغ فجر العصر الحديدي.

و الثابت قطعاً أن مصر الفرعونية هي أول من تطور وتقدم بالفنون والصناعات المبنية على المبادئ الكيميائية الأولية. فقد ثبت أن المصريين القدامى كانوا يشكلون الذهب والنحاس والرصاص والفضة والبرونز و القصدير، وذلك منذ خمسة آلاف سنة. خذ مثلاً صناعة النحاس، فإنها تقدمت جداً عند قدماء المصريين لدرجة أنه في عام ٢٧٥٠ قبل الميلاد، في عصر الأسرة الخامسة، كان صانع النحاس خبيراً حقاً بصناعته، حتى إنه لم يجد أية مشقة في صنع الأنابيب النحاسية، لكي تستعمل في التخلص من مياه الأمطار التي تتساقط فوق أسطح معابد الملوك. ولقد وجدت إحدى هذه الأنابيب حينما كشفت آثار تلك الأسرة القديمة في أبو صير بواسطة بورخارد عام ١٩٠٧، ونقلت إلى متحف برلين حيث توجد هناك حتى الآن.

ومن الثابت أيضاً أن نساء قدماء المصريين كن يتزين باستعمال بودرة المالاخيت،

كما يزججن حواجبهن ورموشهن باستعمال خامات كبريتيدات الرصاص والأنتيمون.

وكان قدماء المصريين مهرة في دباغة الجلود وصناعة الزجاج والمينا وتحضير بعض الأصباغ الطبيعية. وقد أثبت التحليل وجود صبغة النيلة في أكفان أجسادهم المحنطة، كما أنهم أثبتوا أنهم كانوا على دراية ببعض الفنون الطبية والتخمير. هذا وإنه لمن المدهش حقاً، أن نعلم أن الأسر المصرية القديمة قد عرفت فائدة استعمال زيت الخروع كشراب ملين للصغار.

ويرى ألكسندر فندلاي الإنجليزي أن ما وصل إليه قدماء المصريين من تقدم ورقي كان في الناحية العملية فقط بدون السعي إلى معرفة الحقائق المجردة، إذ كان كل همهم توفير الراحة وتحسين وتطوير أساليب المعيشة. ثم حاول فلاسفة الإغريق في القرن السادس قبل الميلاد أن يجدوا حلولاً لجميع المشكلات بالطرق النظرية المنطقية، إذ كان ينقصهم الميل والصبر لإجراء التجارب وبناء الحقائق على أساس النتائج الملموسة التي توفرها التجربة. وقد علق فرنسيس باكون الإنجليزي على مذهب أرسطو وآرائه وفلسفته في الحياة قائلاً: "إن أرسطو يرى أنه لا يمكن الاعتماد على التجارب لكي يصل إلى الفروض والاستنتاجات العلمية، بل إنه يستطيع أن يخضع التجارب لكي تتمشي مع الأساس النظري المنطقي الذي يعتقده ويؤمن به" ثم أصبحت الإسكندرية مركز الثقافة في العالم، وتلاقت فيها الخبرة العملية للمصريين مع ثقافة الإغريق وتصوف الفرس والكلدانيين. ثم تلا ذلك قيام الرومان بعملهم الهمجي، وهو حرق مكتبة الإسكندرية عام ٤١٥ ميلادية، مما اضطر الطلاب والفلاسفة إلى الفرار إلى جميع أنحاء الدنيا.

وبينما كانت أوروبا تعيش في غياهب الجهل، وفي ظل طغيان القبائل البدائية من القوط وغيرهم، لم يجد العلماء والفلاسفة الأمان والرعاية والتشجيع إلا عند العرب، حتى كان عصر هارون الرشيد في القرن الثامن الميلادي، حين نشأ جابر بن حيان أستاذ الكيمياء الأول، الذي قام بتأليف كتب عديدة، من بين ما جاء فيها أن المعادن على تنوعها لا تختلف إلا في نسبة الزئبق إلى الكبريت فيها. وكان رأي أرسطاطاليس في ذلك

أن اختلاف المواد يرجع إلى اختلاف تركيبها من أصول أربعة هي: النار والماء و التراب والهواء، وربما إلى عامل خامس وهو منشأ تلك الأصول الأربعة.

ثم بدأت الفتوح الإسلامية وامتدت إلى بلاد الأندلس في القرن الثامن الميلادي، وكان ذلك من حسن حظ أوروبا التي كانت تعيش إذ ذاك في عصور مظلمة. وكانت عجلة التطور العلمي فيها يوقفها الاستسلام الأعمى لفلسفة أرسطو وسيطرة الكنيسة، بإحيائها لعقائد السحر والخرافات.

وقد تحولت الكيمياء القديمة فيما بعد إلى فن خادع لتحويل الرصاص وبعض المعادن الأخرى القليلة القيمة إلى ذهب، باستعمال حجر الفلاسفة؛ وكانت بذلك أداة تخدع الحكام والعامة على السواء.

ولكن على الرغم من ذلك، فقد توالت الاكتشافات عبر التاريخ لتزيد من معرفة الإنسان لبعض الخواص والتفاعلات والطرق الكيميائية، حتى جاء القرن السادس عشر واتجهت الكيمياء إلى الناحية الطبية على يد باراسلسدس، حين تطلع لمعرفة ما يسمى بإكسير الحياة كمادة تعيد الشباب. وفي نفس الوقت تقريباً، بدأ سير فرانسس باكون يبرز الطريقة الجديدة في التفكير العلمي، التي نادى بها من قبل علماء العرب، وما أن انتهى القرن التالي حتى تطورت الكيمياء القديمة على يد روبرت بويل الأيرلندي، الذي وضع أسس التحليل الكيميائي للمواد.

وهنا وصلت الكيمياء إلى طور أشبه ما يكون بطور البرعم في حياة الزهرة حينما عرفها الناس كعلم، وذلك عندما توصل جوزيف بلاك الإنجليزي عام ١٧٥٥ إلى معرفة أوزان المواد الكيميائية في حالاتها المختلفة عند تأثرها بالتفاعلات الكيميائية. وبعد فترة وجيزة استطاع كل من لومونوسوف الروسي ولافوازييه الفرنسي شرح معنى الاشتعال والاحتراق، اعتماداً على معرفة الأوزان الدقيقة للمواد ونواتجها بعد الاحتراق. وبعدها تبين أن القياسات الدقيقة من الأسس الهامة لعلم الكيمياء.

وقد كان هلمونت سطحياً حين فسر زيادة قدرها ١٦٤ رطلاً في وزن نبات زرع في

صندوق مليء بالتربة، ورجح أن هذه الزيادة ترجع إلى كمية المياه التي امتصها ذلك النبات خلال خمس سنوات لم ينقص فيها وزن التربة أكثر من أوقيتين. ثم ما لبث أن توصل بريستلي الإنجليزي إلى أن غاز أكسيد الكربون الموجود بالجو هو أحد العوامل الهامة في غذاء النبات.

ويعتبر لافوازييه الفرنسي بحق أباً للكيمياء الحديثة، فهو الذي تطور بها من حالتها البدائية إلى علم حديث له أسسه وأركانه. كما يعتبر بريستلي القس البريطاني وكافنديش المليونير الإنجليزي وشيلي السويدي قواداً لحركة تقدم الكيمياء في العصر الحديث. وجدير بالذكر.. أن ازدهار هذا العلم قد سار جنباً إلى جنب مع الثورتين الفرنسية والأمريكية.

ويرى ليتل أن فجر الصناعات الكيميائية قد أشرق على البشرية منذ اكتشاف العالم الفرنسي لابلانك لطريقة تحضير كربونات الصودا التي كانت معروفة من قبل في الملاحات المصرية، كما كانت أسبانيا المصدر الرئيسي لها في أوروبا قبل عام ١٧٩١، حيث كانت تستخرج من رماد أعشاب البحر. واضطرت الظروف العصيبة فرنسا أن تبحث عن مصدر مضمون لهذه المادة التي لها أهميتها الكبرى في صناعات الزجاج والصابون وغيرها؛ ولذلك أعلنت الأكاديمية الفرنسية عن جائزة كبيرة تمنح لمن يكتشف طريقة جديدة اقتصادية لتحضير هذه المادة، وقد أحرز لابلانك الجائزة ولكنه لقي حتفه منتحراً بعد أن صادرت الثورة الفرنسية مصانعه.

وكانت انجلترا هي الفائزة الحقيقية للجائزة، التي تطورت بعدها الصناعات الكيميائية، و بالتالي سارت المدنية بخطى مسرعة وضحت آثارها خلال الزجاج الصافي الذي أمكن تحضيره حينذاك، وبدأت انجلترا تستخدم طريقة "لابلانك" في تحضير كربونات الصوديوم باستخدام مواد خام مثل الملح وحامض الكبريتيك والفحم والجير، وبذلك نشطت صناعة حامض الكبريتيك التي كانت خاملة من قبل.

ثم كان ازدهار صناعة النسيج على أثر اكتشاف آلة وات البخارية واحتياجها لقواعد وأحماض ومواد للتبييض. وحوالي عام ١٨٠٠ بدأت صناعة الورق بطريقة آلية

اخترعها فوردنير، وبالتالي ظهرت احتياجات جديدة للأحماض والقلويات في تبييض عجائن الورق. ومن محاسن الصدف أن أيدروكسيد الصوديوم _المادة القلوية الهامة_ كانت تنتج بمجرد خلط كربونات الصوديوم بالجير في الماء.

وحتى يمكنك فهم تطور علم الكيمياء وتطبيقاته في الصناعة، نعرض عليك على سبيل المثال إحدى العمليات الكيميائية الهامة في صناعة النسيج، وهي عملية "تبييض المنسوجات"، وكيف تطورت في نهاية القرن الثامن عشر الميلادي. فقد كان الهولنديون يمارسون طريقة بدائية مرهقة يعامل فيها النسيج باللبن المحمض وبعض القلويات، ثم تعرض الأقمشة لأشعة الشمس مدة كبيرة تقرب من ثمانية أشهر. ولكن ببداية عصر الصناعات الكيميائية أمكن الاستعاضة عن اللبن المحمض بحامض الكبريتيك في عمليات التبييض.

ثم اكتشف شيلي عام ١٧٧٤ غاز الكلور السام، الذي استخدمه برثوليت في السنة التالية في عمليات التبييض. وفي عام ١٧٩٩ تمكن تينانت بواسطة الجير الحي من تحويل الكلور إلى مادة أقل خطورة في استعمالها، وهي مسحوق إزالة الألوان. ويمكنك أن تتصور الحالة لو ظلت الطريقة البدائية التي استعملها البولنديون تطبق حتى الآن. إنه لو اتبعت تلك الطريقة حالياً في انجلترا مثلاً، لما كانت مساحة الجزيرة البريطانية كلها كافية لتسع كل إنتاجها من الأقمشة القطنية حين تعريضها لأشعة الشمس، ولظن أي عابر في الجو أن الجزيرة البريطانية عبارة عن خيمة كبيرة.

ومن ناحية أخرى، نرى أنه كان من المستحيل حتى عام ١٨٢٨ تحضير أي مركب كيميائي شبيه بتلك المركبات التي تقوم ببنائها الكائنات الحية النباتية والحيوانية، حتى قام فوهلر الألماني بتحضير مادة اليوريا _تلك التي تماثل إحدى المواد الأساسية في البول_ وذلك بتسخين سيانات الأمونيوم المحضرة من المواد غير العضوية أو الميتة _كما كانت تسمى_ ويعتبر هذا الكشف بداية عصر جديد في تحضير المركبات الكيميائية. غير أن العلماء في ذلك الحين لم يقتنعوا به إلا بعد فترة من التردد والشك، إذ ظنوه في البداية كشفاً خيالياً لم يتحققوا من أهميته إلا بعد أن فتح أمامهم آفاقاً وعوالم جديدة في

خلق المركبات الكيميائية.

إن الكيمياء العضوية أو كما تسمى أحياناً بكيمياء الكربون، قد أمدتنا بما يزيد على نصف مليون مركب كيميائي يحتوي الكربون ويرتبط مباشرة بالعمليات الحيوية. أما المركبات غير العضوية فلا زالت أقل من خمسين ألف مركب.

وهكذا خرجت من أنبوبة الاختبار ثروة لا حصر لها من منتجات قيمة نافعة، لم يكن يحلم في الحصول عليها علاء الدين بمصباحه المسحور. وها هي الكيمياء تقدم للبشرية كل يوم شيئاً جديداً لم يكن له وجود من قبل في الأرض أو في البحر، وكأن الله سبحانه وتعالى قد اتخذ من الكيميائيين رسلاً تحمل للدنيا من أسباب التقدم والرفاهية ما يدخل السعادة في قلوب ساكنيها.

نحن الكيميائيين نبحث بحثاً عميقاً عن أصول الأشياء وطبيعتها، ونميل دائماً إلى خلق الجديد، ولا نحب أبداً الحياة الجامدة.

وتموت الأحياء وتعود إلى التراب ثم تتحلل و تنمو مكانها أزهار جميلة ذات رائحة ذكية وألوان ساحرة. والكيميائي الحديث يحاول أن يحاكي الطبيعة في تحويل البقايا أو المخلفات العديمة القيمة إلى أشياء جميلة ونافعة. وإذا كنت في شك من ذلك فحاول أن تقارن الفحم أو القطران بما ينتجه منها الكيميائي من آلاف الأصباغ التي تنافس في ألوانها البراقة جمال ألوان قوس قزح.

وينصح سلوسون بألا تقلد الطبيعة، بل يجب أن نراقبها كعدو خائن لا يغمض طرفه، فهي قد تفاجئنا ــرغم تيقظناــ بالكوارث القاضية كالمجاعات والأوبئة والزلازل التي تمحو في لحظات كل تقدم للبشرية.

وبناء عليه، يحاول الكيميائيون منع ما تخبئه الطبيعة للبشرية من كوارث. ولنذكر الكيميائي باستير حينما طلبت إليه حكومته أن يجد دواء لمرض دودة القز، كما طلب إليه أيضاً إيجاد طريقة لمنع التخمرات الضارة للمشروبات الروحية. فنجح في إيجاد الحلول الناجحة لهاتين المشكلتين، علاوة على ما قام به من وضع أساس علم الطب

الحديث وإقامة صناعات حفظ الأغذية والتعليب وبسترة الألبان وتنقية مياه الشرب.

والآن وبعد أن تقدم العلم وازدهر، يرجع المتشائمون بعض عيوب ومساوئ الحضارة الحديثة إلى ظهور العصر الآلي. ونحن الكيميائيين لا نفهم لماذا يطلقون على العصر الحديث "عصر الآلات" فقط وليس "عصر الكيمياء"، مع أننا لو دققنا النظر لوجدنا أن ما تصنعه الكيمياء يدخل في تكوين كل جزء من "الآلة" حتى تستطيع أن تعمل و تحرك.

و يرى كانبي و شبنجلر و كيسيرلنج وآخرون غيرهم أن الآلات قد أوصلت الحياة إلى حالة مملة تسير على وتيرة واحدة، فقد فيها الإنسان حريته وشخصيته. وقد يتمنى بعضهم لو رجعت الحياة إلى صورتها البسيطة الأولى. ولكن لو فكرنا قليلاً لوجدنا أن السيد الإغريقي الذي كان يتمتع بحياة رغدة، كان يقابله خمسة من العبيد يسامون العذاب، والعامل الإنجليزي في عام ١٨٢٥ في لندن، ذلك الذي كان يحسده جميع العمال في أوروبا، لم يكن يعمل أقل من خمس عشرة ساعة يومياً. فإذا أضيف إلى ذلك الوقت الذي يقضيه في الراحة والطعام، يمكنك أن تعرف ماذا يبقى له بعد ذلك من لحظات لتثقيف عقله وروحه.

ويرى الدكتور كارل كامبتون أن الأبحاث العلمية و تقدم العلوم الهندسية قد خلقت مجالاً أوسع للعمل في الولايات المتحدة الأمريكية خلال الخمس والثمانين عاماً الماضية، وأن أضرارها كانت قليلة لا تذكر بجانب انتصاراتها. ويعتبر بقاء الجيوش في عصرنا الحالي رهيناً بتقدم صناعات السيارات والكهرباء والتليفون والطاقة الذرية والطائرات والمطاط والحرير الصناعي وصناعة تكرير البترول ومنتجات الفحم وصناعة الألمونيوم والماغنسيوم والبلاستيك.

والآن لنا أن نتساءل بماذا كان أولئك الذين يهاجمون عصر الآلات ينصحون لو أنهم عاشوا في عصر الملكة إليزابيث بانجلترا حين حلت الكارثة الكبرى التي أزالت الغابات وسببت طغيان الفيضان على مناجم الفحم حتى أغرقتها، ولم تستطع المضخات التي كانت تشغلها الجياد في ذلك الحين أن ترفع مياه الفيضان. أليس للعلم

وعصر الآلات الفضل في اختراع المضخة البخارية التي توصل إلى صنعها سافري و نيوكومن وجيمس وات؟ وهي التي استعملت فيما بعد في دفع الكميات الكبيرة من الهواء في أفران الحديد، وما كان لها أن تزداد إنتاجاً لو أن دفع الهواء استمر بواسطة المنفاخ تديره الخيول.

ورغماً عن كل هذا التقدم، فإن هناك من يعتقدون أن اختراع المضخة البخارية كان كارثة حلت بالعالم لأنهم يرون أن هذا الاختراع يعتبر بداية عصر القوة في العالم.

ولكن هنري وورد بيتشر يرى أن اختراع الآلة عبارة عن تطور طبيعي لقدرة الإنسان على العمل على زيادة راحته و منفعته في الحياة.

أما و.ر. ويتنى فيتساءل عن المجهود الذي يبذله ذلك الفلاح الذي يعمل في ري أرضه برفع المياه بالطريقة البدائية معتمداً على ذراعيه. إن غالبية وقته يضيع في هذا العمل المضني الذي لا يجني منه أخيراً سوى ما يكفيه من طعام. ولا يبقى له من وقت لكي يفكر أو يتعلم!!! إنه لو أمكن لهذا الفلاح وأمثاله استعمال المضخة الحديثة في رفع مياه الري لاستراح و شعر بطعم الحرية والهناء. ولكن ربما يقال إن هذا الفلاح ليس مستعداً لتقبل مثل تلك الحرية التي توفر عليه الكثير من جهده ووقته وتكيفه للحياة السعيدة الرغدة. ولكن هذه المشكلة ليست بمشكلة الصناعة. فإن المعرفة والعلم كفيلان بإفهام الناس معنى الحرية من تطبيقهم للوسائل الحديثة في قضاء حاجاتهم.

إن الأبحاث العلمية والتقدم الحديث وخاصة في الكيمياء، قد أمدت البشرية بأساليب الحرية، وسخرت العلوم الهندسية والكيميائية في تطوير الحياة وتقليل الجهد المبذول فيها. ويمكنك أن تسأل إحدى ربات البيوت ممن كن يعشن في منزل يقع في مزرعة بدائية، ثم انتقلت بعد ذلك إلى منزل حديث في المدينة مجهز بالتوصيلات الغازية والمواقد الحديثة وثلاجة كهربية وآلة لغسل الملابس ومياه جارية في الأنابيب والإنارة بالكهرباء وتليفون وحمام حديث. يمكنك أن تسألها أي المنزلين يوفر لها الراحة وييسر لها الحياة ويشعرها بالحرية التي تمكنها من الاستفادة بوقتها للعمل على رفع مستواها عقلياً وروحياً؟

وكما يقول كتيرنج "إن العالم القديم كان بسيطاً، ولكن الحياة فيه كانت معقدة"

إن المخترعات والمعارف الحديثة في العلم قد غمرت الإنسانية بتطبيقاتها العديدة، وتبع ذلك قيام مراكز صناعية كبيرة، نتج عن تجمعات السكان فيها مشكلات اجتماعية جديدة، أمكن حلها بواسطة العلم.

والآن تصور الحياة في مدينة كبيرة بدون إمدادها بالمياه النقية والمجاري الحديثة والإضاءة، سواء بالغاز أو الكهرباء، ووسائل النظافة الحديثة والمواصلات الكافية. إن كل ذلك قد وفره للبشرية تقدم العلم دون شك في العصر الحديث. أما في العصور الوسطى، فلقد كان يمكنك أن ترى هيكل مدينة من بعيد، وربما كان يبهرك منظرها عن بعد، ولكنك في نفس الوقت تستطيع أن تشم رائحتها عن بعد أيضاً، وإذا كنت تصادف الآن بعض المدن في أوروبا ذات المنظر البراق، ومع ذلك تفاجأ برائحتها، فلا تعجب، فالذنب يقع على سكان تلك المدن الذين لم يحاولوا الاستفادة من الطرق الحديثة التي توصلت إليها الهندسة الصحية، والتي يمكنهم تطبيقها لتحسين مدنهم .

وفي عصرنا هذا يستطيع الرجل العادي أن يستعمل في أسفاره السيارات التي تسير على الطرق المعبدة أو القطارات، وهو يشعر براحة عظيمة لم يشعر بها نيرون الإمبراطور العظيم، الذي كانت وسيلته في المواصلات العربات غير المريحة التي كانت تجرها الخيول. ورجل العصر الحديث رغم أنه لا يقارن بنيرون في عظمته وثروته، فإنه قد حشد حوله جمعاً كبيراً من الحاشية و الجواسيس الذين يجلبون له أخبار العالم في سرعة البرق، وهو يجلس في مكانه مستريحاً. أعرفت يا أخي من هم أولئك الحواشي والجواسيس من حولك؟ إنهم المذياع و التليفون و التلغراف وجميع ما قدمه العلم الحديث لراحتك، مما لو عرفه ملوك العصور الغابرة أمثال جنكيز خان لأصابهم جنون الحسد والغيرة.

وبفضل البحث العلمي أصبح من المستطاع لرجل العصر الحديث أن يحصل على كل ما يريد من الملابس من مختلف الأنسجة والألوان، وأن ينعم بالدفء بوسائل التدفئة الحديثة، وأن يتمتع بالإضاءة الكهربية، وأن يجد من الأدوية الحديثة ما يشفي

أمراضه وعلله، وأن يجد على مائدة طعامه ما يشتهه من مختلف الأطعمة والمشروبات، ولم يأت على العالم يوم مثل الذي نعيش فيه، فإن العمل الطيب في أي ناحية من نواحي العالم سرعان ما تنقله الإذاعة إليك، بل وإن أية كارثة عالمية في إحدى جنبات الأرض مسرعان ما تجد صدى في نفوس الملايين على الجانب الآخر، يستجيبون على الفور الدواعي النجدة والمروءة قبل فوات الأوان.

ويهاجم البعض التقدم العلمي بأنه أصبح وسيلة لدمار الحضارة ونهاية البشرية بعد اتجاهه إلى الاختراعات المدمرة التي تهدد كيان البشرية. ولكن ليتذكر هؤلاء أنه حين صنع الإنسان الفأس قديماً قوبلت بالرعب والخوف رغماً عن الفوائد العديدة التي كانت تستعمل فيها. وكذلك قوبل اكتشاف البارود رغم ما كان له بعد ذلك من استعمالات سلمية لا حصر لها. وهذا الاتجاه الحديث المخيف نحو إنتاج أسلحة الدمار يمكن تحويله لخير البشرية و منفعتها، إذا وجدت الرغبة والنوايا الحسنة من سكان هذا العالم.

كما يهاجم البعض الآخر البحث العلمي بأن تقدمه في بعض البلدان قد أدى إلى حالة ارتباك اقتصادية، مثل زيادة الإنتاج و تضخم رءوس الأموال ووجود مشكلات التعطل، ولكن هذه المشكلات لن تحل بما اقترحه بعضهم من وقف البحوث العلمية لمدة عشر سنوات.

وخير ما نختم به هذا الباب أنه باستثناء الموسيقى لا يوجد جهد بشري لا يعترف بالحدود الدولية مثل العلم وسوف يظل كذلك على الدوام. وكما قال كارلايل "أنتج يا أخي، واعمل في معملك أيها الباحث ولا تتوقف، فكل ما تنتجه أو تتوصل إليه مهما كان صغيراً أو قليلاً، فهو جزء من مساهمتك في تقدم البحث العلمي، و بالتالي في تقدم البشرية".

الفصل الثاني

حقيقة لا خيال

إن عمل الكيميائي يتركز حول المادة. فهو دائماً يجري تجاربه وأبحاثه على مختلف المواد التي تشغل هذا الكون، ولكن الفلاسفة يؤكدون أن الكيميائي لا يعرف المادة، وإنما هو يبحث عن خصائصها وصفاتها فقط!!! وهيهات أن ينصرف الكيميائي أو يحيد عن عقيدته في الواقع الملموس الذي يعيش فيه بما قد يصل إليه خيال بعض المفكرين من نظريات أو فروض.

خذ مادة "الكبريت" مثلاً، وتتبع الوسائل التي تمكن بها الكيميائي من معرفتها والتحقق منها. لقد وجدها مادة صفراء تحترق بلهب أزرق ورائحة خانقة، تذوب في ثاني كبريتور الكربون ولا تذوب في الماء، تنصهر وتغلي في درجات حرارة معينة، تتحد مع الحديد المسخن لتعطي مادة أخرى جديدة ذات صفات خاصة، وغير ذلك كثير من الاختبارات والنتائج الهامة. إن كل ما سبق من الخواص قد لمسه الكيميائي بحواسه وهو يجري تجاربه على تلك المادة الصفراء الملموسة. ومن ناحية أخرى فإن النتائج التي ذكرت قد لمسها أيضاً كيميائيون آخرون وهم يجرون نفس التجارب على أجزاء أخرى من المادة الصفراء، وقد كان الجميع يتمتعون بسلامة الحواس والعقول. وهكذا فإنه ليس هناك مجال للشك في صحة تلك الخواص الملموسة، و بالتالي في صحة و جود تلك المادة الصفراء و معرفة الكيميائي لها. ثم أجمعت الآراء على أن تلك المادة تشغل جزءاً ملموساً من هذا الوجود وعرفها الجميع باسم "الكبريت".

ومثل الكبريت كمثل أي مادة كيميائية أخرى، فغاز ثاني كبريتيد الأيدروجين لا يمكن لأي مبتدئ في الكيمياء أن يجد صعوبة في التعرف عليه برائحته التي تشبه رائحة البيض الفاسد. والزجاج يميز بقياس درجات شفافيته وصلابته واختبار مدى تأثره

بالحرارة. والنحاس بجودة توصيله للكهرباء. والرصاص بأنه لين قابل للطرق. والكاربوراندوم بأنه هش صلب. والمطاط بمرونته. والسكر بحلاوة طعمه. الخ. ومن كل ما سبق ذكره، يتبين أن الكيميائي يستعين باختبار الخواص المختلفة للمواد لكي يتمكن من معرفتها والتفريق بينها والكشف عنها. وهكذا توصل الكيميائيون إلى معرفة أكثر من نصف مليون من المواد المختلفة حتى الآن.

وقد يظن البعض أن عمل الكيميائي يقتصر على التعرف على المواد المختلفة أو الكشف عنها. ولكن يجب أن نوضح أن من أهم واجبات الكيميائي هو إيجاد الوسائل الفعالة لفصل و تنقية المواد المفيدة من خاماتها أو ما يختلط بها من شوائب. فخام الحديد مثلاً لم تعرف قيمته للإنسان إلا بعد الحصول منه على الحديد النقي. ولكي يستخلص الحديد من خاماته، تجرى عليه عمليات كيميائية. وذلك بخلط الخام مع فحم الكوك ويسخن الخليط بشدة، و بذلك ينفصل الأكسجين الذي كان متحداً مع الحديد في الخام تاركاً الحديد بمفرده. وبفضل العمليات الكيميائية تمكنا من استخلاص الذهب من حجر الكوارتز والسكر من القصب. وبصفة عامة، تمكننا من الحصول على المواد المختلفة في صورها التي يمكن الاستفادة منها في حياتنا العملية.

والعمل الثالث المهم المنوط بالكيميائي، هو تحضير مواد ومركبات جديدة. فمثلاً بحرق الكبريت ينتج ثاني أكسيد الكبريت. ذلك الغاز الضروري لعمليات التبييض في صناعة الورق. وبعمليات كيميائية أخرى يمكن تحويل ثاني أكسيد الكبريت إلى حامض الكبريتيك ذي الأهمية الكبرى في الصناعات الكيميائية. وهكذا يقوم الكيميائي كل يوم بتحضير وخلق أصناف جديدة من مواد، كانت الطبيعة قد تركتها جانباً.

وإنه لجدير أن تعرف أن تحضير أي مادة من أخرى يحدث بواسطة ما يسمى بالتفاعل الكيميائي أو التغير الكيميائي. وأن تلك التغيرات الكيميائية يصاحبها دائماً اكتساب أو انطلاق للطاقة.

وموضوع الطاقة من الأمور التي تشغل أذهان الفيزيائيين أو علماء الطبيعة. فهم

يهتمون بدراسة التغيرات التي تطرأ على الطاقة وأنواعها المختلفة، سواء أكانت طاقة ضوئية أو حرارية أو كهربائية أو كيميائية. كما أنهم يوجهون عناية خاصة إلى دراسة اختفاء أو ظهور هذه الأنواع من الطاقة، و تحول بعضها إلى البعض الآخر. ولكي يشترك الفيزيائيون والكيميائيون في الاهتمام عند تحول الطاقة الكيميائية إلى الأنواع الأخرى للطاقة، كتحول الطاقة الكيميائية الناتجة من عملية احتراق الفحم إلى طاقة حرارية تستخدم في الغلايات، أو إلى طاقة حركة في الماكينات، أو إلى طاقة كهربائية في المولدات، أو إلى حرارة وضوء في المصابيح الكهربائية. وأخيراً تتحول ثانية إلى طاقة كيميائية نتيجة للتفاعلات الكيميائية التي تحدث عند نمو بعض النباتات بتأثير الضوء والحرارة المنبعثين من المصابيح الكهربائية. ومن ذلك يتضح أنه لا يفقد أي جزء من الطاقة. فالطاقة لا تفنى، وإنما يمكن أن تتحول من صورة إلى أخرى.

ذكرنا أن اهتمام الكيميائي يتركز حول المادة. وذكرنا أيضاً أنه بفضل الكيمياء توصلنا لمعرفة الكثير من المواد. ويجدر بنا أن نعرف أيضاً أن المواد تنقسم من وجهة نظر الكيميائي إلى قسمين. القسم الأول وهو العناصر، ويشمل تلك المواد غير القابلة للتحلل إلى مواد أخرى بسيطة بالطرق الكيميائية العادية، ويبلغ عدد ما أكتشف من هذه العناصر حتى الآن مائة عنصر وعنصر. أما القسم الآخر، فيعرف بالمركبات، ويشمل المواد المعقدة التركيب التي يمكن أن تحلل كيميائياً إلى مواد أبسط. أو بمعنى آخر، تتحلل إلى العناصر الداخلة في تركيبها. هذا ورغماً عن أن عنصر كالراديوم قد وجد أنه يتحول إلى عنصري الهليوم والرصاص، إلا أن تلك خاصية فريدة لا تدخل ضمن عمليات التحلل الكيميائية العادية.

ويجب أن نذكر هنا أن التعرف على العناصر لم يكن من الأمور الهينة. قد تطورت معرفتنا و خبرتنا في هذا الشأن مما يتضح فيما يلي. فمثلاً لم ينجح العلماء حتى عام ١٨٠٨ في تحليل مادة الجير الحي، وبالتالي اعتبروها عنصراً، حتى جاء سير همفري ديفي واستطاع أن يتعرف على مكونات الجير الحي، وهي عنصراً الكالسيوم والأكسجين. بل إنه نجح في تكوين الجير الحي، وذلك بحرق الكالسيوم في جو من

الأكسجين. وهذا هو المنطق السليم للبحث عن طبيعة المركبات وتكوينها. ومن ناحية أخرى، فإنه حتى عام ١٨١٠ كان ينظر إلى غاز الكلور على أنه مركب كيميائي يتكون من حامض الكلوردريك والأكسجين، وكان الفضل أيضاً لسير همفري في إثبات أن الكلور عنصر ولا يمكن تجزئته. وهكذا فإننا سوف نناقض الحقيقة لو قلنا أن المائة عنصر وعنصر المعروفة لنا الآن من الثروات الحديثة. فالحقيقة أن تلك العناصر لم تكتشف كلها دفعة واحدة. فلقد كانت ثروتنا من العناصر المعروفة منذ مائتي عام سبعة عشر عنصراً فقط. ثم توالت اكتشافات العناصر الجديدة بواسطة مشاهير الكيميائيين. ويعتبر بريستلي وسكيل ودافي ورامزي من طليعة الخالدين في هذا المضمار. وبلغت العناصر المعروفة في أوائل القرن الحالي حوالي اثنين وتسعين عنصراً، وأصبح مضمار اكتشاف عناصر جديدة مقفولاً أمام الباحثين الجدد، وعلى الرغم من ذلك، فقد نجح سيبرج و تلاميذه في خلق عناصر جديدة أكثر ثقلاً من العناصر المعروفة.

إن بعض هذه العناصر التي تبني الكون يعتبر نادراً حقاً، فإنك مثلاً تجد أن ثمانين عنصراً تشغل جزءاً من مائة جزء من مكونات القشرة الأرضية. في حين أن الأكسجين يكون النصف والسليكون يكون الربع من كل ما توصلنا لمعرفته من مكونات هذا الوجود.

هذا وإن عمل الكيميائيين لم يقتصر على تحليل ومعرفة مكونات القشرة الأرضية فقط، بل كانت الشهب التي تتساقط من السماء هنا وهناك موضع عنايتهم واختباراتهم، فقد وجد بالتحليل الكيميائي أن أحد هذه الشهب _ويزن حوالي ثمانين طناً_ يتكون من كتلة من الحديد والنيكل. وهناك أيضاً الشهاب المعروف بالنجم البيري الموجود الآن بمتحف التاريخ الطبيعي بنيويورك والذي يقدر بملايين الدولارات.

ولننتقل الآن إلى الحديث عن أهمية العناصر وتقدير قيمتها. لقد علمتنا التجربة أن نكون حذرين في هذا الشأن. فمن الخطأ أن يقال أن عنصراً ما عديم الفائدة. فمثلاً "غاز النيون" اكتشفه سير ويليام رامزي في الهواء بنسبة ١:٨٠٠٠٠ وأسماه بالغاز الخامل، وهذا الغاز معروف الآن للجميع في أنابيب مصابيح النيون التي تراها على

واجهات المحال التجارية والعامة تستعمل كوسيلة جذابة للإعلان والشهرة. ومثال آخر نعرفه عن عنصر التنجستون الذي ظل وقتاً طويلاً محفوظاً في أرفف المتاحف. إنه الآن يحتل مكانه بين خمسة من العناصر تعتبر مفاتيح الصناعة. وهكذا يتركز الاهتمام الآن في اكتشاف استخدامات للعناصر المعروفة أكثر من الاهتمام باكتشاف العناصر نفسها.

إن هذا المجال مفتوح أمام الباحثين، وفيه يستطيعون أن يتقدموا الصفوف ويحوزوا الشهرة والتقدير، وذلك بالبحث عن فوائد و تطبيقات عملية للعناصر المهملة التي لم تستغل بعد. فهناك مثلاً عنصر التيلوريوم الذي وجدت منه كميات ضخمة في مناجم كلورادو التي حفرت بحثاً عن الذهب والفضة والرصاص. كما أنه من النواتج الجانبية في عمليات تنقية النحاس. هذا و لقد لوحظ أن وجود آثار بسيطة من هذا العنصر في طعام الإنسان يسبب رائحة كريهة تشبه رائحة الفجل الحار التالف، مما دعا أحد أخصائي الصحة العامة أن يقترح استخدام التيلوريوم كأقراص يتناولها ضحايا الأمراض المعدية كوسيلة ناجحة لعزلهم عن الأصحاء منعاً لانتشار العدوى.

وهناك ناحية جديرة بالدراسة والبحث و هي علاقة العناصر والمركبات الكيميائية بجسم الإنسان وما يدور فيه من عمليات حيوية. فالواقع أن ما يلزم جسم الإنسان من بعض العناصر قليل جداً، ولكن وجود مثل هذه العناصر هام وضروري لقاء الحياة. فحصة الجسم من عنصر الحديد تقدر بحوالي ٠,٠٠٤ ففي المائة من وزنه، ولكن هذه الكمية القليلة من الحديد هي العنصر الحيوي في تركيب الهيموجلوبين، تلك المادة الحمراء الموجودة بالدم والتي بواسطتها ينقل الأكسجين من الرئتين إلى جميع أجزاء الجسم.

هذا ومن الغرابة أن تعرف أن النحاس يستبدل بالحديد في دم بعض الأحياء البحرية كالمحار والسرطان البحري. كما أننا نجد أن عنصر الحديد يلعب دوراً هاماً في بناء مادة الكلوروفيل الخضراء في النبات بالرغم من أنه لا يدخل في تركيبه. ولقد عبر جورتتر عن أهمية ذلك المركب قائلا "لو أن الطبيعة أهملت بناء الكلوروفيل لمدة عام أو

ربما أقل من العام فإن هناك احتمالاً كبيراً بأن جميع الحيوانات الثديية وربما جميع الأحياء سيصيبها الفناء، في عدة أنواع خاصة من البكتريا والطحالب، فالكلوروفيل لا يمكن تكوينه في النبات بدون وجود عنصر الحديد".

إن الإنسان كان يشار إليه أحياناً باحتقار بأنه عبارة عن اثنى عشر رطلاً من الرماد و ثماني دلاء من الماء. وفي هذا التعبير قدر يسير من الحقيقة. ولكن كيف ترتبط أنسجة الجسم بالماء؟. هذا هو السر الذي يحاول البحث الطبي فك طلاسمه وألغازه. فمثلاً يقرر جورتن "أن مخ الإنسان لو انتفخ بنسبة ٣٪ في أثناء الحياة، فإنه يحدث عن ذلك إغماء شديد ثم تنتهي الحياة. في حين أن هذا المخ بعد انتزاعه من الجسم ووضعه في الماء يزداد حجمه بنسبة ١٠٠٠ في المائة بدون أن تتفكك الأنسجة".

حقاً إن سر الحياة أعمق من أن يُفهم بواسطة عملية تحليل كيميائي لجسم الإنسان.

الفصل الثالث

باستخدام النار تفوق الإنسان على الحيوان

لولا النار لظل الإنسان بدائياً يأكل اللحوم النيئة، ويسكن الكهوف والجحور، معتمداً كل الاعتماد على قوة عضلاته أو السواقي الخشبية والطواحين الهوائية، قابعاً في الظلام بعد مغيب الشمس، ولظلت حياته كتلك التي كان يعيشها في العصر الحجري.

ولكن باكتشاف النار تمكن الإنسان من إطالة يومه، كما استطاع أن يطارد الحيوانات المفترسة، وأن يطهو طعامه و يجلب الدفء والراحة لحياته.

ولقد كان للنار دور هام على مر العصور منذ العصر البرونزي والعصر الحديدي ثم العصر الآلي.

وعلى ضوء معرفتنا لمنافع النار، ليس عجيباً أن ينسب القدماء إلى بروميثوس إله النار سرقتها من الجنة، و ليس عجيباً أيضاً أنهم نسبوها إلى جهنم عند ثورتهم ضد قسوتها عليهم. ولقد عبد الفرس النار وحرقوا كميات كبيرة من الغازات الطبيعية لقرون عديدة. وفي العصر الروماني القديم كان الناس يقدسون النار، ويعتقدون أن الآلهة العذارى يحرسنها ويحافظن عليها. وفي كل مكان كان للنار دور كبير في الطقوس الدينية.

ورغماً عن أن الإنسان استعمل النار منذ القدم، إلا أنه لم يصل إلى معرفة كنها إلا منذ قرن ونصف. ولقد فسر المجتهدون من العلماء خلال القرن الثامن عشر ظاهرة احتراق الخشب، بأنه انطلاق لمادة غامضة أسموها "الفلوجستون". ولقد أوحى اندلا ع اللهب بصحة هذه النظرية. وكان من الطبيعي أن يفسر عدم احتراق الرماد المتخلف على أنه فقد جميع "الفلوجستون" الموجود فيه. ولسوء طالع المناطق السابق، أحرق

جين راي ولومونوسوف ولافوازيه "كل على حدة" الرصاص والقصدير في الهواء. وبتعيين الأوزان الدقيقة للمعدن والرماد المتخلف، وجد أن وزن الرماد أكثر من وزن المعدن، وليس أقل كما حدث عند احتراق الخشب. وقد أدى ذلك إلى تشكك أصحاب نظرية "الفلوجستون" في صحتها، إلى أن تمكن أحد المعتدلين منهم من اكتشاف خاصية الجاذبية السالبية للفلوجستون بدون أن يفكر أن مثل هذه الخاصية لم تزد الأمور إلا تعقيداً في حالة احتراق الخشب.

وظلت الأمور على هذه الحال حتى تمكن لافوازييه في باريس من تفسير خاصية الاشتعال أو الاحتراق، وذلك بتجربته الشهيرة على الزئبق. فقد تمكن بصبر وأناة من تسخين الزئبق في قارورة ممتلئة جزئياً بالهواء، ينتهي طرفها المفتوح في إناء يحتوي ماء، وبعد اثني عشر يوماً كلل عمله بظهور مسحوق أحمر على سطح الزئبق، وارتفع الماء في القارورة دالاً على انكماش حجم الهواء المحبوس أو اختفاء جزء منه. وكأي باحث دقيق استمر لافوازييه في عملية تسخين الزئبق حتى كف الهواء فوق الزئبق المسخن عن النقصان، وهنا لاحظ أن $\frac{1}{5}$ حجم الهواء قد اختفى. كذلك وجد أنه عند تقريب شظية مشتعلة من الهواء المتبقي فإنها تنطفئ على التو. وعندما جمع المسحوق الأحمر باحتراس وأحرقه في أنبوبة أخرى بشدة كان سروره عظيماً عندما وجد أن حجم الغاز المتصاعد من هذا الرماد الأحمر يساوي تماماً كمية الغاز التي نقصت من الوعاء في تجربته الأولى. وكان الاستنتاج الذي وصل إليه والذي كان يمكنك أن تتوقعه في ذلك الحين هو أن الزئبق أتحد مع عنصر مجهول في الهواء ليكون ذلك المركب الزئبقي الأحمر، الذي يتحمل عند درجات الحرارة العالية، وينطلق منه ذلك العنصر المجهول.

وفي ذاك الوقت زار بريستلي رجل الكنيسة الإنجليزي لافوازييه، وأطلق لفظ "الهواء الجيد" أو الغاز النشط على ذلك العنصر الذي حصل عليه لافوازييه بتسخين مركب الزئبق الأحمر باستعمال عدسة شمسية كبيرة. وقد وجد أنه في هذا الغاز تزداد الشظايا المشتعلة توهجاً وتزداد الفيران نشاطاً وحيوية. ويكفي ذلك دليلاً على أنه هواء جيد حقاً يستحق أن يطلق عليه "جوهر الهواء".

وعندما اكتشف بريستلي ذلك العنصر، سرعان ما أطلق عليه لافوازييه اسم "الأكسجين" وعرفه بأنه أهم عنصر يدخل في تركيب الهواء ويشغل $\frac{1}{5}$ حجمه، و تتحد معه المعادن لتكون رماداً كأكسيد الزئبق الأحمر، أو يتحد مع الخشب عند إحراقه. وهكذا أمكن إماطة اللثام عن سر النار.

ويرجع الفضل لبريستلي عام ١٧٧٤ ولشيلي الذي كان يعمل مستقلاً في السويد في أن العلم قد أثرى بمعرفة ذلك العنصر الجديد "الأكسجين" الذي يعتبر أكثر وأعظم العناصر نفعاً. فالهواء والماء والصخور والنباتات والحيوانات تحوي ما يقرب من نصف وزنها من ذلك العنصر الذي لم يعرف إلا في عام ١٧٧٤.

ماذا يتنفس الناس؟... سؤال كان قد فكر فيه سائل حديث العهد بالعلم قبل اكتشاف الأكسجين. إن الأكسجين حقاً غاز الحياة بالنسبة لجميع الحيوانات، فهو لازم لإحراق الأنسجة التالفة. فالجسم عبارة عن فرن وقوده الغذاء الذي يحترق بمساعدة ذلك التيار من الهواء الداخل إليه "بواسطة التنفس"، وينتج عن ذلك كمية من الحرارة تعادل كمية الحرارة التي تنتج لو أحرقنا هذا الغذاء في مسعر أو في فرن معد لقياس الحرارة. وكما أن أهم نواتج إحراق الخشب هي ثاني أكسيد الكربون وبخار الماء، فإنه بالمثل يحوي الهواء الخارج من الجسم عند التنفس هذين الغازين. وتتحول الطاقة الكيميائية الناتجة عن إحراق الغذاء إلى حركة في العضلات وإلى حرارة في الجسم.

وعند القيام بمجهود عضلي شاق نستمد ما يلزمنا من طاقة من الجليكوجين "وهو مركب نشوي" الموجود كاحتياطي في الكبد، وقد قال دونان:

"عندما تتقلص أنسجة العضلات لتؤدي عملاً فإنها تستمد الطاقة اللازمة لذلك لا عن طريق أكسدة المواد الغذائية لأنها عملية بطيئة. ولكن عن طريق العملية الطاردة للحرارة، وهي تحويل المواد النشوية وأهمها الجليكوجين إلى حامض اللاكتيك. وعندما تسترجع العضلة المتعبة نشاطها تعوض ما فقدته من الطاقة المخزونة، ويتم ذلك باكسدة أو إحراق بعض المواد السكرية محولة حامض اللاكتيك إلى جليكوجين، وقصة

هذا التحول وما يتبعه من إعادة بناء خلايا العضلات تكون فصلاً شيقاً في العلم الحديث".

ومنذ سنين مضت، وعندما كان هيل العالم اللندني أستاذاً زائراً في جامعة كورنيل أثار شغفاً عظيماً في ميادين الرياضة البدنية و ذلك بإدراج الرياضة البدنية في دراساته عن كيمياء الاحتراق. فقد أثبت أن العقل و العضلات يتعاونان حين وجد أن الظهير المساعد في لعبة كرة القدم يستطيع جر أحمال ثقيلة عندما يستعين بأسطوانات للتنفس. كما أنه دعا عداء لكي يعدو سريعاً مسافة مائة ياردة تحت الرقابة الكيميائية. فوجد أن العداء يتنفس حوالي $\frac{1}{8}$الكمية المطلوبة من الأكسجين خلال جريه السريع لمسافة المائة ياردة. ولكنه يعوض ما يحتاجه من الأكسجين عندما يتنفس سريعاً خلال فترة راحته الطويلة التي تعقب ذلك. كما وجد ما ينتج من حامض اللاكتيك في جسم العداء خلال مجهوده المضني يعادل ٣٠ جراماً "أي ما يقرب من أوقية" وهذا ما يسبب إرهاق العداء وتعبه، ولكنه في أثناء راحته بعد الجري يتنفس كمية من الأكسجين كافياً لأن تحول الثلاثين جراماً من حامض اللاكتيك أو اللبن المحمض إلى جليكوجين.

وأصبح الأكسجين معروفاً بأنه حليف للطبيب يستعمله لمساعدة المرضى الضعفاء على التنفس، وذلك بوضع المريض داخل خيمة مزودة بالأكسجين فيصير الهواء الذي يتنفسه المريض غنياً بذلك الغاز الحيوي، فيجنب المريض بذل الجهد عند التنفس، والطيارون أيضاً يحتاجون إلى أسطوانات الأكسجين حينما يرتفعون إلى طبقات الجو العليا.

وعندما استعمل أطباء الأسنان فيما مضى غاز أكسيد النيتروز المعروف بالغاز المضحك كمخدر، كان هناك بعض الضحايا الذين فقدوا أسنانهم وأرواحهم حين خدرهم هذا الغاز حتى الموت. ومررنا بالتجربة المريرة حتى تعلمنا أن نخلط الأكسجين بالغاز المضحك. ولكن هل يمكن أن يكون للشيء الحسن جميع الفوائد؟ فلو تصورنا أن الهواء كله كان أكسيجيناً فقط، فهل يمكن أن نحيا حياة سعيدة؟. أم نصبح في حالة سيئة كحالة ذلك الملك ميداس الذي سأل أحد الآلهة أن يحول كل شيء أمام ناظريه

إلى الذهب، ذلك المعدن الثمين، فأعطى هذه الرغبة، و أصبح طعامه من "الذهب". فلننظر إلى النيتروجين مثلاً الذي يكون أربعة أخماس حجم الهواء. إنه ليس مجرد غاز مكمل لتركيب الهواء، بل إنه مصدر الأزوت في تركيب بروتينات أنسجة الحيوان والنبات. وهناك غاز ثاني أكسيد الكربون اللازم لحياة النبات. وهناك أيضاً بخار الماء الذي لولاه لانعدم سقوط الأمطار ولأصبحت الكرة الأرضية عبارة عن المحيطات والأراضي البور. وأخير ربما أدى وجود الأكسجين فقط في الهواء إلى احتراق أجسامنا احتراقاً كاملاً.

ويعرف اتحاد المواد بالأكسجين بالأكسدة. وإذا كانت الأكسدة قوية نجم عنها ضوء وحرارة وسميت احتراقاً، ويمكن تعريف علية صدأ الحديد في الهواء الرطب "أكسدة" ولكن سلكاً من الحديد يمكن أن يشتعل بشدة في مخبار مليء بالأكسجين.

إن رماد أو حبيبات المواد القابلة للاشتعال أكثر قابلية للتأكسد، وذلك لكبر السطح المعرض للهواء. وهناك نوع من الحديد عبارة عن رماد حبيباته غاية في الصغر، يشتعل تلقائياً إذا ما ذر في الهواء. ولذلك فإنه إذا كان هناك غبار من النشا أو الدقيق أو الفحم أو السكر أو السماد أو الكبريت أو الصابون أو الجلد عالق بالهواء بالمصانع، كان لزاماً علينا اتقاء الشرر أو اللهب خوفاً على الأرواح والممتلكات من خطر الحريق، ولطالما حدثت حرائق كلفت الآلاف و الملايين من الجنيهات نتيجة لاشتعال مثل المواد السالفة الذكر وما ينجم عن احتراقها من انفجارات وغازات.

ولقد تعددت حوادث "الاشتعال الذاتي" في أكوام الفحم أو الخرق البالية الملوثة بالشحوم أو أكوام البرسيم لدرجة خطيرة.

فالفحم المخرون على هيئة أ كوام كبيرة يتأكسد ببطء، ولكن سرعة التفاعل تتضاعف كلما زادت درجة الحرارة عشر درجات مئوية. ومن الطبيعي أنه إذا كانت هناك تيارات هوائية تحمل هذه الحرارة الزائدة بعيداً فإن التفاعل سيظل بطيئاً، ولكن في الأكوام الكبيرة نجد أن الظروف التي تسبب الاشتعال سوف تظل ملائمة.

وترتبط الناحية الاقتصادية والاجتماعية لصناعة الفحم ارتباطاً وثيقاً بخسارة هذا الوقود مع التخزين. فمن ناحية نجد أن زيادة الإنتاج على مدار السنة شيء مرغوب فيه، ولكنه ليس بالعمل المربح لصاحب المنجم.

وللأكسيجين أهمية في نواح أخرى أقل وضوحاً. فهناك مثلا ظاهرة جفاف الطلاء والبويات، فهي لا يمكن اعتبارها جفافاً بالمعنى الصحيح، إذ لا يوجد في الطلاء ماء ليجف. وكل ما هنالك أن زيت بذرة الكتان الذي يستعمل في البويات يتحد مع الأكسجين الموجود بالجو ليكون مركباً متماسكاً صلباً.

ويعتبر الأكسجين العنصر الرئيسي في عالمنا الكيميائي. فنجد مثلاً أن ذوبانه بكميات قليلة في الماء له أهمية كبرى بالنسبة للأسماك التي لا يمكنها أن نستنشق الهواء مباشرة، ولكنها تستطيع التقاط الأكسجين الذائب في الماء وإيصاله إلى دورتها الدموية بواسطة الخياشيم. ولو أن أجدادنا القدامى عاشوا في الماء قبل أن يعيشوا على الأرض الخضراء فربما كانت لهم مثل هذه الخياشيم.

ويعتبر الأكسجين والحديد صديقين و عدوين في وقت واحد. فنحن نجد أن نهاية كل المصنوعات من الحديد والصلب هو الصدأ الذي هو عبارة عن أكسيد الحديد. ولكن مثل هذه الأشياء القديمة كالكباري والمحركات التي علاها الصدأ، يمكن تقطيعها إلى أجزاء صغيرة لكي يسهل نقلها إلى مصانع الصلب. "ويستعمل في تقطيع هذه الكتل الضخمة من الحديد لهب قوى يُغذى بتيار من الأكسجين والأيدروجين أو أي وقود آخر. ويعمل هذا اللهب في قطع الحديد تماماً كما تعمل سكين ساخنة في قطعة من الزبدة الباردة. ولهذا اللهب الذي يسمى لهب الأستيلين فوائد جمة في عمليات لحام المعادن". وهناك في مصانع الصلب يُلقى الحديد القديم "الخردة" في أفران حيث ينزع منه الأكسجين المتحد به ويُصهر ويصب حديداً نقياً صالحاً للاستعمال من جديد. ومصدر الحديد في هذا العالم هو خامه الموجود فيه على هيئة أكسيد حديد. وتم عملية اختزال هذا الخام وتحويله إلى حديد عن طريق إحراق الخام مع فحم الكوك. إلا أنه في الإمكان إتمام هذا الاختزال بسهولة ويسر إذا ما دفعنا تياراً من الأكسجين النقي أو

هواء به نسبة كبيرة من الأكسجين في قاعدة الشحنة التي تلقى في الأفران.

ونظراً للحاجة الماسة للأكسجين، فقد بدأ التفكير في المصدر الرخيص لتحضيره. ويحضر معظمه في الوقت الحاضر بإسالة الهواء بواسطة التبريد تحت ضغط مرتفع. ونسمح هذه الطريقة للنتروجين _وهو سريع التطاير_ أن يتبخر أو لا تاركاً الأكسجين الذي يحفظ في أسطوانات قوية من الصلب. وتستعمل هذه الأسطوانات في إنقاذ آلاف المرضى الضعفاء والطيارين في طبقات الجو العليا، وبحارة الغواصات التي تجوب أعماق البحار ونجد لزاماً أن نختتم هذا الفصل بذكر الأوزون، ذلك الغاز ذي الرائحة النفاذة التي تنبعث حول البالونات الطائرة ونتيجة لاحتكاك الآلات الكهربائية، فيتحول الأكسجين العادي إلى تلك الصورة الأكثر نشاطاً وهي الأوزون، وذلك بواسطة الشرارات الكهربائية بأنواعها المختلفة بما في ذلك الشرر الناتج عن البرق وكذلك أشعة الشمس فوق البنفسجية. ويتحول الأوزون ثانية إلى الأكسجين فاقداً حيويته بعد أكسدته للبكتريا والشوائب العالقة بالهواء، وفي طبقات الجو العليا فقط تتمكن الأشعة فوق البنفسجية الكثيفة من تحويل الأكسجين إلى أوزون، وأحياناً ما تعمل التيارات الهوائية فوق الجبال على دفع جزء من هذا الأوزون، فيصل إلى الأرض قبل أن يصيبه التلف بواسطة التراب والرطوبة والحرارة.

وإننا ننام شاعرين ببعض الدفء بفضل هذا الغطاء من الأوزون، الذي يعلو عن الأرض بضعة أميال مانعاً تسرب حرارة الأرض بالإشعاع.

وإنها لنعمة كبيرة أن يكون الأوزون مرتفعاً في الجو، لأن استنشاق الكثير منه مهيج لأنسجة الجسم. وقد استخدم الهواء المختلط بالأوزون _بعد تحضيره في أجهزة كهربائية مزودة بالمراوح_ في إزالة الرائحة الموجودة في مخازن الطعام والمطابخ، وكذلك في قطارات المترو التي تسير تحت الأرض في لندن.

ولقد كان هناك اقتراح بإدخال الأوزون في قاعات المجالس النيابية لينعش الأعضاء المتثائبين فيوقظهم من غفواتهم. كما داعبت الفكرة بعض أساتذة الجامعات، ففكروا في

إدخال الأوزون إلى قاعات المحاضرات لمساعدة الطلبة على استيعاب المعلومات.

وتوجد طبقة الأوزون على بعد ٢٥ ميلاً منا. ورغم أن سمكها ملليمتران فقط، إلا أن لها القدرة الكافية على منع نفاذ كميات كبيرة من الأشعة فوق البنفسجية، وبذا تعمل على وقايتنا من ضربات الشمس في أشهر الصيف.

الفصل الرابع

أهمية الفراغ

إن أقرب شيء إلى العدم على سطح كوكبنا هذا، هو ما وصلنا إليه حديثاً ما يسمى "التفريغ العالي" أو "الخلخلة العالية" ومع ذلك في أشد الأجواء تفريغاً نجد أن عدد الجزيئات في البوصة المكعبة يفوق عدد سكان هذه الأرض " ....,...,...,٤٠ جزيء من الغاز على وجه الدقة". علماً بأنه في مثل هذه الدرجة من التفريغ يكون المتبقي من الغاز عبارة عن جزء من عشرة بليون من حجم الغاز الأصلي. ومن جهة أخرى لو كانت عندنا قارورة تسع ربع جالون مملوءة بالهواء وأردنا تفريغها، فسوف نحتاج إلى زمن قدره...,...,٧٥٠سنة لو أزحنا منها الهواء معدل مليون جزيء في الثانية. ولكن مضخة بخار الزئبق التي صممها لانجاير يمكنها إتمام ذلك العمل في ظرف ثانيتين فقط. هذا وإن أقصى ما يمكن أن نصل إليه من تفريغ للجو الذي نعيش فيه يعد ذا كثافة عالية، إذا قورن بكثافة بعض الكواكب البعيدة التي تسمى "الأجسام المتوهجة بسبب الفراغ".

إن التفريغ العالي أو التفريغ الجزئي كليهما قد وفر لنا الراحة وقدم لنا خدمات جليلة في جميع الميادين. فعلى نظرية التفريغ أمكن عمل المصابيح المتوهجة "وإن كان هذا النوع من المصابيح قد تغير الآن". وبفضله أيضا اكتشفت أنابيب الأشعة السينية وصمامات المذياع والخلية الضوكهربية المستخدمة في السينما الناطقة وزجاجات الترموس والمضخات الماصة، كما أننا توصلنا إلى زيادة طاقة الماكينات البخارية والتربينات. وهذه الأضواء الملونة التي تصاحب عمليات التفريغ الكهربي للغازات النادرة، قد وجدنا لها تطبيقات عديدة. فنحن نستخدم ذلك الضوء الناتج عن مصابيح أبخرة الزئبق في إضاءة المصانع، وكذلك نستخدم ذلك الوهج القرمزي الجميل

الناتج من أنابيب النيون كوسيلة للإعلان الجذاب. وقد تكون تلك الأضواء الجميلة التي تصاحب الشفق الشمالي نتيجة لعمليات تفريغ كهربائي تحدث في طبقات الجو العليا.

وهكذا يتضح أنه بالوصول إلى درجات عالية من التفريغ، تمكن الأطباء والجراحون من إيجاد الوسائل الناجعة للتشخيص والعلاج مما خفف آلام المرضى والمصابين. وأصبح من الممكن الاحتفاظ بأشعة شمس الصيف الدافئة لاستخدامها أيام الشتاء القارسة البرودة والمظلمة. وأصبحت إضاءة المنازل مستطاعه ومتوفرة. وتمكن الملايين من سماع ما يحبون من موسيقى وغيرها بدون عناء. وصار استعمال العين السحرية التي تشبه الإنسان الآلي للتحكم في العمليات الصناعية أمراً هيناً، واستطعنا أن نحتفظ بالمأكولات والمشروبات على الحالة التي نريدها، سواء أكانت باردة أم ساخنة، طازجة أو مطهية، لكي نتمتع بها وقت الحاجة و بدون عناء. ولما كان الفراغ ما هو إلا عبارة عن جو من الغاز المخلخل، وجب علينا أن ندرس خواص الغازات المختلفة في حالاتها الطبيعية.

فمنذ حوالي ثلاثة قرون، توصل روبرت بويل إلى اكتشافه المثير للإعجاب حينما كان يعبث بالمضخة الهوائية، فوجد أن الهواء يعمل كما لو كان "زنبركاً" للمضخة يعيدها إلى وضعها الأصلي كلما أحدث بها تغييراً. كما وجد أيضاً أنه باستعمال المضخة الهوائية يمكن دفع كميات ضخمة من الهواء في قارورة قوية الجدران. إن روبرت بويل يعتبر سابقاً لعصره. فهو الذي اكتشف أيضاً أنه إذا زيد الوزن الواقع على دافع مكبس أسطوانة مملوءة بالهواء أو أي غاز مقدار الضعف، فإن المكبس يتحرك مقدار النصف داخل الأسطوانة. أو بمعنى آخر فإنه إذا زاد الضغط الواقع على كمية من

الغاز مقدار الضعف فإن حجم الغاز ينقص بمقدار النصف. ويتحدث العلماء الآن باحترام و تقدير عن قانون بويل الشهير، الذي ينص على أن حجم الغاز يتناسب تناسباً عكسياً مع ضغطه.

ثم أتى بعد ذلك جاى لوساك وشارل ولاحظا أن الغازات كالمرضى تنكمش بالبرودة وأوضحا تلك العلاقة، وهي أن الغاز ينكمش بمقدار $\frac{1}{273}$ من حجمه إذا نقصت درجة حرارته درجة مئوية واحدة.

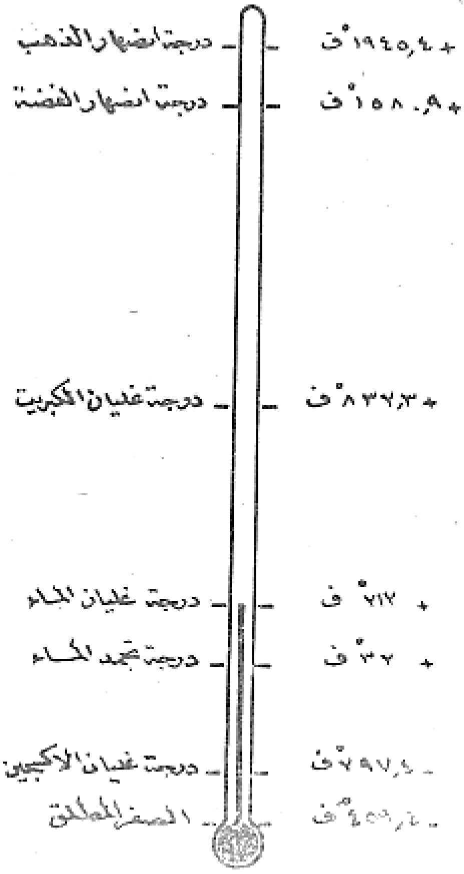
ولقد تصور البعض تلك الظاهرة _الفكيهة بعض الشيء_ وهي أنه إذا كان هناك حجم من الغاز نقصت درجة حرارته بمقدار ٢٧٣ درجة مئوية تحت الصفر، انكمش الغاز بمقدار $\frac{273}{273}$ حسب قانون شارل. أي أن حجم الغاز يساوي صفراً، وبذلك لا يتبقى أي غاز. ومعنى ذلك أن المادة قد أصابها الفناء. ولكن الخبرة والمعرفة تبين أن المادة لا تفنى مطلقاً، ولكن يمكن أن تتحول من صورة إلى أخرى. هذا بالإضافة إلى معرفة الحقيقة العملية، وهي أن الغازات تتحول إلى سوائل قبل أن تصل درجة حرارتها إلى– ٢٧٣°م. وعليه فإن هذا التصور السابق ما هو إلا منطق نظري يخالف الواقع المبني على التجربة والخبرة. ومن ناحية أخرى، يرى البعض أنه عند تلك الدرجة الخيالية وهي – ٢٧٣°م تتوقف جزيئات الغاز عن الحركة. وقد لاقت هذه النظرية قبولاً حسناً، وعلى ذلك سميت تلك الدرجة _التي لا يمكن الوصول إليها_ بدرجة "الصفر المطلق". وهي الدرجة التي تنعدم عندها حركة الجزيئات.

وربما كان التعريف السابق للصفر المطلق اندفاعاً في القول بعض الشيء، إذ أن كيسوم في جامعة ليبودن تمكن من إسالة غاز الهليوم ثم تجميده "لأول مرة في التاريخ" عند درجة حرارة أقل من درجة مئوية واحدة فوق درجة الصفر المطلق. وكان هذا الحدث خطيراً حقاً، لأنه حتى عام ١٩٢٦ كان من الممكن تحويل جميع المواد المعروفة إلى مواد صلبة فيما عدا غاز الهليوم، وعلى ذلك فإن كيسوم بتجميده لغاز الهليوم اقتحم آخر الخطوط في ذلك الميدان.

ثم كان السباق للتوصل إلى درجات حرارة منخفضة قريبة من درجة الصفر المطلق على أشده. ففي عام ١٩٣٢ أعلن كيسوم أنه توصل إلى درجة حرارة ٧١,. فوق الصفر المطلق. ولكن جياك وماكدوجال في جامعة كاليفورنيا توصلا إلى درجة ٢٥.٠

وفي عام ١٩٣٥ توصل دى هاس بجامعة ليبودن إلى درجة ٠٠٤٤, وقد استخدم ديهاس الحقيقة العملية، وهي أنه عند مغنطة بعض الأملاح ذات المغناطيسية الجاذبية مثل ملح فلوريد السيريوم فإنه ينتج عن ذلك ارتفاع في درجة الحرارة "يمكن التخلص من الحرارة الناتجة بطرق معروفة". بينما عند نزع المغناطيسية يصحب ذلك انخفاض في درجة الحرارة. وبتكرار المغنطة و نزع المغناطيسية، أمكن الوصول إلى هذا النصر العظيم، وهو الحصول على أقل درجة حرارة مكنة وهي ٠,٠٠٤٤°م فوق الصفر المطلق.

إن صناعة إسالة الغازات ما هي إلا تطبيق عملي لقانوني بويل وشارل معاً. أي أنه إذا أريد تحويل أي غاز إلى سائل، وجب استخدام الضغط والتبريد معاً. وقد وجد أن استخدام الضغط فقط لا ينجح دائماً في تحويل الغازات إلى سوائل. فمنذ قرن مضى، لم ينجح العلماء في إسالة خمس من الغازات باستخدام الضغط فقط. فغاز الأيدروجين مثلاً يسيل فقط إذا برد إلى -٢٣٤°م، ولا يمكن إسالته في درجات أعلى من ذلك مهما كان الضغط الواقع عليه عالياً. ويتجمد غاز الأيدروجين عند -٢٥٩°م حيث يتحول إلى مادة صلبة شفافة شبيهة بالجليد. والأيدروجين في حالته الصلبة يعتبر أخف المواد الصلبة المعروفة.إن الدراسات التي أجريت لمحاولة ضغط الغازات وما ينتج من نقص كبير في حجمها عند تحولها إلى الحالة السائلة، وهذا الضغط المضاد في جميع الاتجاهات الناتج عن تجميع جزيئات الغاز كما يتضح من الضغط الواقع على جدران كرة قدم محكمة الإقفال _إن كل هذه المشاهدات تبين لنا أن جزيئات الغازات في حالاتها الطبيعية توجد متفرقة عن بعضها البعض. ففي الهواء مثلاً



درجة انصهار وغليان بعض المواد الهامة

يبعد الجزيء عن الآخر اثنتي عشرة مرة قدر قطره. كما تبين أن الجزيئات دائماً في حالة حركة سريعة ينتج عنها تصادم الجزيئات مع بعضها وارتدادها بطريقة مرنة. فعند درجة ٢٠ م "درجة الحرارة العادية" يصطدم جزيء الأيدروجين بما يجاوره من جزيئات حوالي مليونين من المرات في الثانية الواحدة.

تصور ما يحدث لكرة قدم مملوءة بالهواء. تجد أنه حتى في الأيام الشديدة البرودة، تظل منتفخة بسبب الضغط الواقع على جدرانها من العديد من الجزيئات التي تتحرك

بسرعة هائلة وهي ربع ميل في الثانية. وليس هناك شك في أنها تنتفخ أكثر إذا أدخل فيها قدر آخر من جزيئات الهواء. وتزداد انتفاخاً إذا عرضت لجو ساخن، إذ أن الحرارة تزيد من سرعة حركة الجزيئات.

إن عملية تحول الغاز إلى سائل معروفة لنا، ومثال ذلك تحول بخار الماء إلى ماء عادي. كما أن العملية المضادة لذلك وهي تحول السائل إلى غاز معروفة أيضاً، كما هو الحال في ظاهرة تحول الماء إلى بخار في غلايات الشاي والسخانات البخارية.

غاز $\rightleftarrows$ سائل

و في السوائل، تكون جزيئات المادة في حالة تجمع، وتعمل قوة التجاذب المتبادلة بين الجزيئات على بقاء المادة في الحالة السائلة، إلى أن يحدث ما يسبب تنشيط الجزيئات وتوترها وذلك برفع درجة الحرارة، فتتطاير الجزيئات عن سطح السائل وتتبخر. ويمكن ملاحظة هذه الظاهرة بوضوح في سائل الأثير الذي يتبخر بسهولة. أما الماء فيغلي عندما يصير ضغط بخاره المتصاعد أعلى من ضغط الهواء الواقع عليه، و بالضبط عند درجة ١٠٠م أو °٢١٢ف عند مستوى سطح البحر. أما عند قمم الجبال فتنخفض درجة غليان الماء، حيث ضغط الهواء أقل منه عند سطح البحر وهكذا، فلكل سائل درجة غليان خاصة، وهذه حقيقة معروفة في عمليات التقطير. والتقطير من العمليات الهامة التي تستخدم كثيراً في المعامل والمصانع.

فيه يمكن تنقية السوائل وفصلها عن بعضها البعض وتركيزها أحياناً. ويمكنك أن تتصور ما يحدث لو رفعنا درجة حرارة خليط من الكحول والماء، فالكحول سوف يغلي ويتقطر عند درجة غليانه وهى ٧٨ °م و يكون مختلط بقليل من الماء، أما الماء فسوف يتقطر عند درجة١٠٠°م ويكون أيضاً محتوياً على كمية قليلة من الكحول "ويرجع عدم نقاء كل من الكحول والماء إلى تصميم جهاز التقطير". ونحن نعرف الآن أن مصانع التقطير ومعامل تكرير الزيوت تستخدم أجهزة للتقطير مزودة بما يعرف "بأعمدة التقطير"، التي بها يمكن فصل السوائل و تنقيتها بغاية الدقة. هذا ولقد أفادت

الصناعات الكيميائية الكثير بصفة عامة في استخدام "أعمدة التقطير".

كما أن عملية تدفئة المنازل تقوم على أساس أن هناك انطلاقاً للحرارة أثناء تحول البخار إلى سائل فإنه عند مرور البخار في أجهزة التدفئة تشع منه الحرارة التي تجلب الدفء والراحة. وكذلك عندما يتحول سائل إلى بخار فإنه يمتص حرارة الجو المحيط به. ويمكنك أن تلاحظ البرودة الناتجة عن تبخر الأثير إذا وضعت جزءاً منه في راحة يدك، ولذلك يخشى الجراحون استعمال الأثير كمادة مخدرة لمرضى الالتهاب الرئوي، فربما تؤدي البرودة الناتجة عن تبخره إلى الكثير من المضاعفات.

وبالمثل يمكن شرح نظرية التبريد التي لها أهمية كبرى في صناعات حفظ الأغذية "التي توفر الراحة و تطيل من عمر الأغذية الطازجة، وتخدم الصحة العامة على البواخر وتساعد على نمو التجارة في الأسواق". فغاز النشادر أو غاز الفريون حينما يضغط، تنطلق حرارة يمكن التخلص منها بإمرار تيار من الهواء أو الماء، وبعد ذلك يسمح للغاز المضغوط بالانطلاق، ويصاحب ذلك امتصاص الحرارة من الملفات المبردة الموجودة حول الغاز، و بذلك يحدث التبريد. وتتكرر هذه الدورة باستمرار.

وبما أن القوة الضاغطة للغاز تتولد أحياناً من آلة تدار بالفحم، فإنه يمكن القول "بأن الفحم يستخدم في التبريد"، ولو أنه قول مخالف للعرف رغم ما فيه من حقيقة. هذا وهناك أجهزة أخرى مختلفة تستخدم في عمليات التبريد.

ويستخدم ثاني أكسيد الكربون في أغراض التبريد على السفن الحربية لأن في استعماله أماناً عن استخدام النشادر أو ثاني أكسيد الكبريت، لتعرض هذين الغازين الأخيرين لخطر الانفجار لو أصيبت السفينة بقذيفة مباشرة. وهناك صناعة حديثة تتصل بغاز ثاني أكسيد الكربون، فعندما يسمح للغاز المضغوط بالانطلاق، تنخفض درجة حرارته بسرعة عظيمة تسبب تجمده إلى مادة شبهة بالجليد تعرف "بالجليد الجاف"، وتستخدم تلك المادة في عمل المثلجات وحفظ اللحوم وغير ذلك. ويفضل استعمالها بالرغم من ارتفاع ثمنها لأن ما يتخلف عنها هو غاز جاف عديم الضرر.

بعض درجات الحرارة الهامة

أو "أقصى درجات الحرارة"

الصفر المطلق	-٤٥٩,٤°ف
أقل درجة حرارة معروفة عملياً	-٤٥٩,٣٩١٩°ف
درجة غليان الهواء السائل "تقريباً"	-٢٩٦°ف
النهاية الصغرى لدرجة الحرارة في سيبريا	-٩٠°ف
النهاية العظمى لدرجة الحرارة في تريبولي	+١٣٦°ف
أقصى درجة حرارة سجلها فرن كهربائي	+٤,٩٠٠°ف
طب الأستيلين والأكسيجين المستعمل في اللحام	+٥,٥٠٠°ف
درجة اشتعال الأيدروجين الذري	+٧٦٤٠°ف
درجة حرارة انفجار السلك الكهربائي	+٤٥٠٠٠°ف
درجة حرارة مركز الكواكب الضخمة	+٧٢,٠٠٠,٠٠٠°ف

الفصل الخامس

لغة الكيمياء

إن ما قام به جوزيف بلاك الإنجليزي عام ١٧٥٥ من الدراسات "الكمية" للمواد أثناء التغيرات الكيميائية، قد مهد الطريق لظهور النظرية الذرية، بل وجعلها في الحقيقة شيئاً ضرورياً.

فمثلاً عندما يسخن الحديد والكبريت معاً، يتكون مركب جديد يختلف في الخواص عن كل من الحديد والكبريت، ويسمى كبريتيد الحديدوز. هذا ولو حاولنا تكرار التجربة بدون مراعاة النسب المطلوبة من كل من الحديد والكبريت، فإن الناتج في إحدى التجارب يكون مختلطاً بالزيادة من الحديد الذي يمكن فصله بواسطة مغناطيس. وفي تجربة أخرى يكون الناتج مختلطاً بالكبريت الذي يمكن إذابته في أحد المذيبات المناسبة. وفي تجربة ثالثة نجد أنه من الصعب فصل أي من الحديد أو الكبريت من ناتج التفاعل. وقد يبدو الأمر أقرب إلى الفهم إذا علمنا أن الحديد والكبريت يتحدان

بنسبة معينة. وبذلك نجد أن الحديد الذي فصل بالمغناطيس في التجربة الأولى، كان زيادة عما يلزم للاتحاد مع الكبريت، وأن الكبريت الذي فصل بالإذابة في التجربة الثانية كان أكثر مما يلزم للاتحاد مع الحديد.

ثم إنه من المؤكد أن لكبريتيد الحديدوز الناتج بعد تنقيته تركيباً محدداً أو معيناً، وهذه حقيقة تنطبق على جميع المركبات النقية ويعرفها الكيميائيون من "قانون النسب الثابتة". فنجد مثلاً أن كمية معينة من الكربون المشتعل يلزمها كمية معينة من الأكسجين لكي يتكون ثاني أكسيد الكربون.

ولكن لو زادت كمية الكربون المسخن عن الأكسجين، لنتج غاز آخر سام يعرف

بأول أكسيد الكربون يختلف تمام الاختلاف عن ثاني أكسيد الكربون، وله نسبة تركيب خاصة لا يمكن لأي كيميائي أن يغيرها بإرادته. ولو استطاع أحد ذلك لأصبح من الممكن أن يخلط الكربون مع الأكسجين بنسب مختلفة في عدد لا نهائي من التجارب، وبذلك نحصل على العديد من أكاسيد الكربون. ولكن الحقيقة غير ذلك، إذ أن الناتج دائماً يكون أحد الأكسيدين اللذين ذكرا سابقاً.

ومنذ أكثر من قرن مضى، أثارت هذه الدقة العجيبة لنسبة التفاعل الكيميائي اهتمام مدرس إنجليزي يدعى جون دالتون. فتوصل إلى النتيجة التالية، وهي "أن المادة تتركب من دقائق غاية في الصغر هي الذرات، وأن التفاعلات الكيميائية ما هي إلا اتحاد بين ذرات العناصر". وتمضي نظريته الذرية فتقرر ما يلي:

١- إن الدقائق الصغيرة المكونة لأي مادة نقية بسيطة كانت أم مركبة متشابهة في الحجم أو الوزن.

٢- ذرات العناصر لا تتجزأ ولا يمكن تحطيمها أو بناؤها.

٣- جزيئات المركب تتكون من اتحاد ذرتين أو أكثر من ذرات العناصر الداخلة في تركيبه.

٤- يتم اتحاد الذرات في أبسط نسبة ممكنة، فمثلاً تتحد ذرة من العنصر "أ" مع ذرة أو اثنتين أو ثلاث من العنصر "ب".

وهكذا أصبح ممكناً استعمال لفظ جزيء للدلالة على أصغر جزء من المركب، كما أصبح معروفاً أن الجزيء يتركب من اتحاد ذرتين أو أكثر من العناصر المختلفة. وعلى ذلك يمكن تعريف التفاعل الكيميائي بأنه عبارة عن إعادة تجميع الذرات في صورة جديدة، وأن الذرة هي أصغر جزء من المادة يدخل في التفاعل. هذا و يمكن أن تتجمع ذرتان أو ثلاث ذرات من نفس العنصر لتكوين جزيء منه، وتوضح لنا هذه الحالة الفرق بين غاز الأكسجين وغاز الأوزون. فغاز الأكسجين يتكون من تجمع ذرتين منه، بينما يتكون غاز الأوزون من تجمع ثلاث ذرات من الأكسجين بفعل الشرارة

الكهربائية.

وتتفق هذه النظرية أيضاً مع الواقع من حيث أن الذرة لا يمكن تجزئتها، وذلك بأنه يمكن لذرة من الكربون أن تتحد مع ذرة من الأكسجين لتكوين غاز أول أكسيد الكربون، أو مع ذرتين منه لتكوين ثاني أكسيد الكربون. ولكن لا يمكن مطلقاً أن تتحد ذرة من الكربون مع ذرة وجزء من الذرة من الأكسيجين.

وظلت نظرية دالتون أساساً للاتحاد الكيميائي مئات السنين رغم عدم وجود برهان مطلق على صحتها، حتى اكتشفت حقائق النشاط الإشعاعي للعناصر.ولم تكن نظرية دالتون خاطئة، وحتى لو كانت خاطئة، فإن بعض النظريات الخاطئة يمكن أن تكون ذات فائدة إلى أن تكتشف الحقيقة.

إن جزيئات المادة غاية في الصغر بحيث لا يمكن إثبات وجودها بالرؤية. ويمكنك أن تتصور مقدار صغر هذه الجزيئات إذا علمت أنه إذا صفت أربعة ملايين جزيء بجوار بعضها في صف واحد، فإن طول ما تشغله يبلغ بوصة واحدة وقد قدر ميليكان عدد الجزيئات التي تشغل حجمها قدره ١سم^{3} بحوالي $2,71 \times 10^{19}$وقد توصل من بعده كثير من العلماء إلى مثل هذه النتيجة باستخدام طرق عديدة.

والآن يجدر بنا أن نتحدث عن مفهوم الذرة الجديد في صورة سيأتي تفصيلها في الأبواب التالية:

إذا مر تيار كهربائي ذو جهد عال في أنبوبة تحوي غازاً مخلخلاً، ينشأ عن ذلك انبعاث إشعاعات خاصة من المهبط "القطب السالب" تنطلق في خطوط مستقيمة، وتسبب توهجاً للزجاج أو أي مواد أخرى تعترض مسارها وتعرف "بأشعة المهبط".

وقد وجد أن هذه الأشعة تتأثر بالمغناطيس أو المجال الكهربائي، وبذلك أمكن تحديد نوعها بأنها ذات شحنة سالبة. كما وجد أيضاً أن تغيير مادة الكاثود أو تغيير الغاز المخلخل لا يغير طبيعة هذه الأشعة. وعرفت الدقائق التي تتكون منها هذه الأشعة بالالكترونات، وأنها تدخل في تركيب جميع الذرات منذ أن اكتشف طومسون

وراذرفورد عام ١٨٩٧ البروتون، ذلك الجزء الموجب من الذرة.

هذا وقد قامت أدلة كثيرة على أن الذرة تتكون من عدد من الالكترونات السالبة التكهرب والضئيلة الوزن للغاية، وعدد مساو من البروتونات ذات الشحنة الموجبة و الثقيلة الوزن نسبياً، وعدد من الأجسام المتعادلة المساوية في الوزن للبروتونات و التي تعرف بالنيوترونات. ويمكن

تشبيه التركيب الذري بالنظام الكوكبي حيث توجد البروتونات و النيوترونات مركزة في حيز صغير وسط الذرة يعرف بالنواة، وتوجد الالكترونات في مدارات حولها تدور فيها بسرعة فائقة تبلغ حوالي مائة وخمسين ألف ميل في الثانية، وقد يحدث أن يخرج أحد الالكترونات في المدار الخارجي عن هذا المدار منجذباً نحو ذرة أخرى، وتكون النتيجة أن الذرة التي فقدت إلكتروناً تصبح موجبة التكهرب، لأن عدد الشحنات الموجبة بها سيزداد. وتصبح الذرة الأخرى، التي اكتسبت إلكتروناً سالبة التكهرب، وبذلك يتم الاتحاد بين الذرات المختلفة الشحنة لتكوين مادة جديدة. وهذا هو أحد أنواع الاتحاد الكيميائي.

وهناك نوع آخر من الاتحاد الكيميائي يحدث عندما تتشارك ذرتان في الإلكترونات الخارجية، بحيث تكمل كل منهما العدد الزوجي من الإلكترونات في مدارها الخارجي و يتكون جزيء المادة.

وتعتبر ذرة الأيدروجين أبسط الذرات تركيباً، إذ تتكون من إلكترون واحد يدور حول بروتون واحد. أما ذرة اليورانيوم التي تحتوي على ٩٢ إلكتروناً و٩٢ بروتوناً و١٤٦ نيوتروناً فهي أكثر تعقيداً. كما أنها تستطيع أن تقذف عدداً من إلكتروناتها سيأتي الحديث عنه في الفصل الخاص بالراديوم.

وقد وجد أن الفراغ يشغل معظم حجم الذرة، فمثلاً يبلغ قطر ذرة الذهب حوالي مائة ألف مرة قدر نواتها. وتعتبر نواة الذرة من أكثف المواد، ويمكن تمثيل كثافتها بكثافة ذلك النجم المرافق للكوكب "سيروس"، والذي يبلغ وزن بوصة مكعبة منه ما يقدر

بوزن طن من كوكبنا الذي نعيش فيه.

وقد كانت النظرية الإلكترونية مفاجأة للجمهور ــإلى حد ماــ في بادئ الأمر، ولكن باكتشاف المذياع يستطيع الفرد العادي أن يخبرك أن الإلكترونات المنبعثة من صمامات المذياع ضرورية لتشغيله، كما أن تسخين أي سلك في أي مكان يعمل على انبعاث الإلكترونات منه التي تجعل

الهواء المحيط به موصلاً للكهرباء.

وكان الكيميائيون الأولون يكونون مجموعات سرية تعمل على إخفاء الاكتشافات والمعارف. وكان من الطبيعي أن يكثروا من استخدام لغات ورموز غريبة للتعبير عن العناصر والمركبات ــرموز تصعب قراءتها مثلما تصعب قراءة تذكرة الطبيب هذه الأيامــ. ولكن العالم برزيليوس غير هذه التافهات العائقة لتقدم العلم، ووضع عن خبرة ومهارة تسمية منطقية سليمة للعناصر، مما جعل الكيميائيين يتفقون على الأخذ باقتراحاته، وذلك بوضع رموز تمثل العناصر المختلفة. وهذه الرموز هي عبارة عن الحرف أو الحرفين الأولين من الاسم اللاتيني للعنصر. وفيما يلي مثال لبعضها:

كا "كالسيوم"

ك "كربون"

ف "فضة"

ر "رصاص"

ح "حديد"

بو "بوتاسيوم"

ص "صوديوم"

وبذلك أصبح سهلاً وميسوراً أن يستعمل الرمز لكي يمثل ذرة واحدة من العنصر تماماً مثلما تختصر أسماء الأشخاص بكتابة الحروف الأولى منها.

وصارت طريقة كتابة الرمز للتعبير عن العناصر والمركبات من الأمور التي توفر الكثير من الوقت. فمثلاً يكتب جزيء الماء رمزياً هكذا "يد$_2$ أ" موضحاً أن الجزيء الواحد من الماء يحتوي على ذرتين من الأيدروجين وذرة واحدة من الأكسجين. وبالمثل يرمز جزيء حامض الكبريتيك بالرمز "يد$_2$ كب أ$_4$ " دالاً على أن الجزيء يحوي ذرتين من الأيدروجين وذرة واحدة من الكبريت وأربع ذرات من الأكسجين. وبالمثل يمكن توضيح ما يدل عليه تفاعل حامض الكلوريديريك مع حجر الجير "أكسيد الكالسيوم" رمزياً على النحو التالي:

كا أ + 2يد كل ← كا كل$_2$ + يد$_2$ أ

ومن المعادلة السابقة يمكن أن نتبين ما هي المواد التي خلطت عند بدء التجربة، وكم عدد الجزيئات التي دخلت في التفاعل. وما هي نواتج التفاعل، وكم عدد الجزيئات التي تكونت منها. فالرمز "٢يد كل" يمثل جزيئين من حامض الكلوريدريك، كما يمثل الرمز "كا أ" جزيئاً من أكسيد الكالسيوم.

وتجدر الإشارة هنا بأنه ليس من السهل لأحد تخمين نواتج التفاعل إلا إذا كانت معروفة من قبل، أو كان الشخص ذا خبرة كافية.

ولنأخذ المعادلة التالية التي تمثل احتراق الغاز المستعمل في المطابخ والذي يعرف بغاز الميثان " ك يد$_4$ ".

ك يد$_4$ + 2أ$_2$ ← ك أ$_2$ + 2يد$_2$ أ

فمن المعادلة يمكن أن نستنتج أن أحد الكيميائيين قد تمكن من فصل الغازات الناتجة عن احتراق غاز الميثان وحللها وأثبت أنها عبارة عن ماء "يد$_2$ أ" وغاز ثاني أكسيد الكربون "ك أ$_2$ ". كما أنه لابد وأن يكون قد عرف مقادير غاز الميثان و غاز الأكسيجين الداخلين في التفاعل وكذا مقادير نواتج التفاعل. ومن ذلك تمكن من معرفة نسب الجزيئات لكل مادة كما هو واضح من المعادلة.

ويتساءل المبتدئون في دراسة الكيمياء كيف يتوقع منهم معرفة نواتج التفاعلات. والجواب البسيط على ذلك هو أنهم لن يستطيعوا ذلك ما لم يكشفوا عن هذه النواتج بأنفسهم، أو أن تكون مثل هذه التفاعلات قد عرفت نواتجها قبلاً.

إن معرفتنا للقوانين الكيميائية للمواد لم تأت عفواً، بل كانت نتيجة التحليل الكيميائي للمركبات ومعرفة أوزان العناصر فيها وكذلك معرفة نسب أوزانها الذرية. هذا وقد تمكن أحد الكيميائيين عام ١٨٤٤ من معرفة التركيب الكيميائي لجلد الإنسان،

ك$_{40}$ يد$_{66}$ ن$_{12}$ أ$_{15}$ كب.

لقد قال لورد كيلفين "إذا أمكنك أن تقدر ما تتحدث عنه واستطعت أن تحول هذه التقديرات إلى أرقام، فأنك ستعرف بعض الشيء ، و إذا لم تستطع التقدير ولا التعبير بالأرقام، فإن معلوماتك عما تتحدث عنه تكون هزيلة وغير مرضية، وربما تكون هذه التقديرات والأرقام بداية معرفتك ولكنها الطريق السليم إلى مرحلة التفكير العلمى".

ويحتاج الكيميائي إلى التدريب على القياسات الدقيقة. و لقياس الأطوال يفضل استخدام النظام الديسمتري العالمي اليسير. ولا يميل إلى استخدام نظام القياسات المعقد المتبع في بريطانيا. ولقياس كثافات المواد الصلبة والسائلة، يعتبر الوحدة هي الوزن بالجرامات لسنتيمتر مكعب واحد من الماء، وبما أن السنتيمتر المكعب من الماء عند درجة حرارة ٤ مئوية يزيد جراماً واحداً فإن الكثافات تنسب إلى كثافة الماء. فإذا كان السنتيمتر المكعب من الذهب يزن ١٩,٣ جراماً، فمعنى ذلك أن كثافة الذهب تساوي ١٩,٣. وقد تمكن أرشميدس بتقديره لكمية الماء المزاح، من تقدير وزن التاج الذهبي الخاص بالملك.

وكان سير ويليام رامزي دقيقاً في تقديره لكثافة غاز الراديوم _ذلك الغاز المنبعث من الراديوم_ وذلك باستخدام طريقة غاية في الدقة، إذ تمكن من إجراء تجربته على عدد ضئيل من المليمترات المكعبة من هذا الغاز.

ويستخدم ذلك العامود الزجاجي المسمى بالهيدروميتر لقياس كثافات السوائل. وبواسطة هذا الجهاز يمكن تقدير درجة تركيز حامض الكبريتيك في المراكم. وكان كاندلر أول من اقترح على المشتغلين بصناعة الألبان استخدام ذلك الهيدروميتر الخاص الذي يعرف "باللاكتوميتر" لتقدير كثافة اللبن. وبواسطة هذا الجهاز يمكن معرفة ما إذا كان اللبن نقياً أم مخلوطاً بالماء.

وكان اكتشاف "بابكوك" لطريقته في تقدير كميات الزبد في اللبن كسباً عظيماً لصناعة الألبان.

ويستخدم العلماء النظام المئوي لقياس درجات الحرارة. اذ تقاس بواسطة الترمومتر الذي تعبر فيه درجة الصفر عن تجمد الماء، ودرجة ١٠٠ عن درجة غليانه، والمسافة بينهما مقسمة إلى مائة قسم، كل منها عبارة عن درجة مئوية واحدة.

أما وحدة مقياس الحرارة فهي "السعر". وهي عبارة عن الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة جرام واحد من الماء درجة مئوية واحدة. وعليه يمكن قياس كمية الحرارة الناشئة عن بعض التفاعلات الكيميائية، وذلك بإجراء هذه التفاعلات في جهاز يعرف بالمسعر "الكالوريميتر" وتحسب كمية الحرارة إذا عرفت الزيادة في درجة حرارة وزن معين من الماء يحيط بجهاز التفاعل.

وهناك قياسات أخرى عديدة كقياس التوتر السطحي للسوائل، وقياس درجة تركيز السكر في عصير القصب بواسطة الانحراف الضوئي، وقياس قلوية الدم. أما قياس الطعم والرائحة فهذه يهتم بها الطهاة وتجار العطور، وليس لدى الكيميائيين استعداد للاهتمام بمثل هذه القياسات.

الفصل السادس

أخف العناصر المعروفة

لقد خلف الرسام الهولندي "تييز" تراثاً قيماً من اللوحات المعبرة تصور كيميائي العصور الوسطى وهم يقومون بتجاربهم، إلا أن التعبير لم يكن أكثر وضوحاً وأعمق أثراً من ذلك الذي صورته إحدى اللوحات التي تمثل زوجة باكية تضع آخر قطعة من النقود الذهبية معها في النار، وتعلو سمات وجهها مظاهر فقدان الأمل، بينما يحاول زوجها الكيميائي زيادة إشعال النار في الوعاء الذي أسقطت فيه القطعة الذهبية، فقد كان وقتئذ متأكداً من ظهور القطعة مرة أخرى مع زيادة في وزنها.

ولم يوضح الرسام في لوحته بجانب تجربة إحراق الذهب، تجربة إضافة الحامض لخراطة الحديد ليتصاعد غاز يشتعل بشدة إذا لمس شظية ملتهبة. ولو أن الرسام فعل ذلك لصور لنا تركيز بصر الكيميائي على القطعة الذهبية دون أن يبالي بتصاعد الغاز الناتج عن إضافة الحامض إلى الحديد في الوعاء الآخر.

ولابد أن يكون قد حدث تصاعد مثل هذا الغاز صدفة في معامل كثير من الكيميائيين القدامى نتيجة لتلامس الحديد من الحامض، ولكن أحداً منهم لم يعر هذه الظاهرة أي انتباه، إلى أن كان لاكتشافها فيما بعد اثر كبير في حياة البشرية. فان هذا الغاز وهو الأيدروجين اخف المواد من هذا الكون. وقد كانت ظروف اكتشافه رغماً عن وضوحها تستلزم الدقة في المشاهدة.

ولم تعرف كثافة الأيدروجين إلا منذ مائة وسبعين عاماً، حينما درس كافيندش في انجلترا خواصه، وذلك بالرغم من أن "تيركيت دي مايرن" كان قد أطلق عليه اسم "الهواء المشتعل" منذ قرن سابع. وقد تمكن كافيندش من إثبات أن الماء عبارة عن

أكسيد الأيدروجين، وكان ذلك نتيجة تجربة إحراق الأيدروجين في جو من الأكسجين وظهور ناتج له خواص الماء. وكانت نهاية المطاف في إثبات تركيب الماء. عندما تمكن نيكلسون وكارليس من فصل المواد التي تكون الماء وكانت عبارة عن الأكسجين والأيدروجين.

ونحن نعبر الآن عن الماء ببساطة بالرمز "يد$_2$ أ" رغم أن الإنسان قد شربه واغتسل به و عبرته السفن في البحار منذ آلاف السنين، دون تفكير في طبيعة تكوينه.

ويعتبر الماء مصدراً لا حد له لغاز الأيدروجين، وما زالت الصناعة تستفيد منه. و لقد أصبح غاز الفحم مصدراً آخر للأيدروجين في أوروبا حيث تسمح بذلك الظروف الاقتصادية، إذ يعطي كل طن من الفحم سبعة وعشرين رطلاً من الأيدروجين الذي يمكن فصله عن الغازات الأخرى الناتجة عن تقطير الفحم، كما يمكن زيادة ناتج الأيدروجين بتكسير بعض النواتج الأخرى.

وإذا أريد تحضير الأيدروجين بطريقة بسيطة بغض النظر عن التكاليف، فإنه من الممكن فصله عن الأحماض "حيث يوجد متحداً"، وذلك بفعل بعض المعادن الرخيصة مثل الخارصين والحديد.

ومن الغريب أن يوجد الأيدروجين في السكر والورق، ولكنه لا يكسبهما ذلك الطعم الخاص بالحوامض كما لا يمكن فصله عنهما بواسطة أي معدن من المعادن، وذلك لأن ذرة الأيدروجين تتصل بالذرات الأخرى في جزيئات الأحماض بطريقة تختلف عنها في جزيئات السكر أو الورق.

ويمكنك أن تحصل على معرفة عامة بالمعادلات الكيميائية دون الحاجة إلى التعمق، وذلك عن طريق نظرية إزاحة الأيدروجين من حامض الكبريتيك أو حامض الكلوريدريك بواسطة الخارصين.

خ + يد$_2$ كب أ$_4$ ← خ كب أ$_4$ + يد$_2$

خ + 2 يد كل ← خ كل$_2$ + يد$_2$

ويتضح من المعادلات السابقة أن الأيدروجين قد انطلق، وتبقى نوع من الملح ككبريتات الخارصين أو كلوريده في المحلول المائي.

ولو رتبنا العناصر حسب قدرتها على إزاحة الأيدروجين من الحامض لكان ترتيبها على النحو التالي:

بوتاسيوم ــ صوديوم ــ باريوم ــ سترونشيوم ــ كالسيوم ــ مغنسيوم ــ ألمونيوم ــ مانجنيز ــ خارصين ــ كادميوم ــ حديد ــ نيكل ــ قصدير ــ رصاص ــ أيدروجين ــ نحاس ــ زئبق ــ بلاتين ــ ذهب.

العناصر التي يأتي ترتيبها بعد الأيدروجين من حيث نشاطها لا يمكنها إزاحته مطلقاً، وهذا يفسر خاصة تحمل كل من معدني الذهب والبلاتين مثلاً. فهذه العناصر لا تتأثر بعض الأحماض وكثير من الكيماويات الأخرى، حتى أنه أطلق عليها لفظ "المعادن النبيلة". وعلى هذا الأساس فإن النحاس الذي يأتي ترتيبه بعد الأيدروجين مباشرة يعتبر من العناصر النبيلة، ولو أنه أقل رتبة من الذهب. ومما لا شك فيه أن خمول هذه العناصر كان السبب في وجودها في الطبيعة على حالة انفراد. بخلاف الخارصين مثلاً فإنه لا يوجد منفرداً وذلك بسبب نشاطه، إذ يتحد مع الكبريت ليكون كبريتيد الخارصين الخام المعروف، أو يتحد مع الأكسيجين ليكون خاماً آخر.

أما العناصر التي في أعلى السلسلة فهي أكثر العناصر نشاطاً. فالصوديوم والبوتاسيوم لها القدرة على إزاحة الأيدروجين من الماء البارد مع حدوث اشتعال وفرقعة. والحديد الموجود في وسط القائمة يحتاج إلى التسخين لدرجة الاحمرار حتى يمكنه إزاحة الأيدروجين من بخار الماء.

وإذا أخذنا عنصرين وأوصلناهما بسلك ثم غمس كل من العنصرين في محلول حامضي أو قاعدي أو محلول ملحي، فالنتيجة أننا نحصل على بطارية كهربية حيث يسري تيار كهربي في السلك، بينما يتآكل المعدن الأكثر فاعلية. وكلما كان المعدنان المصنوع منهما البطارية بعيدين عن بعضهما في سلسلة العناصر السابقة، كلما زاد جهد

البطارية أو الخلية.

ولنرجع ثانية إلى الحديث عن مصادر الأيدروجين. فهناك كميات هائلة منه توجد في الشمس. ولكن هل من المستطاع الحصول عليها؟ إن لهب الأيدروجين المتوهج يتفجر من الشمس على ارتفاع ثلاثمائة ألف ميل واتساع مائة ألف ميل. ولكن شكراً لله على أن الجو المحيط بنا يحتوي على آثار ضئيلة منه.

وتسمح الظروف الاقتصادية في الولايات المتحدة بتحضير الكميات اللازمة من الأيدروجين بطريقة إمرار بخار الماء على الفحم المسخن "الكربون".

يد$_2$ أ + ك ← يد$_2$ + ك أ **"أول أكسيد الكربون"**

ومن الطبيعي أن إمرار البخار على الفحم المسخن يعمل على تبريده، ولذا تقل درجة الحرارة عن درجة التفاعل؛ ولذلك يقفل صمام البخار كل بضع دقائق، ويسمح بإمرار تيار من الهواء فيساعد على إحراق كمية من الفحم تعمل على رفع درجة حرارة الفحم المتبقي إلى ١٠٠٠° مئوية لتفاعل مع كمية أخرى من البخار. وبما أن خليط الغاز الناتج يتكون من الأيدروجين وأول أكسيد الكربون "يد$_2$ + ك أ" ومصدره الماء والفحم فهو لذلك يسمى بغاز الماء. ويعتبر هذا الخليط وقوداً ممتازاً، ولذا ينتج ويباع في كثير من المدن.

كما يمكن تحضير الأيدروجين أيضاً من الأيدروكربونات الناتجة عن تقطير البترول، وذلك بطريقة تكسير الجزيئات في درجات الحرارة العالية.

ومنذ حوالي ثلاثة وأربعين عاماً كان الأيدروجين معروفاً بأنه أفضل الغازات المستعملة لرفع البالونات، وأنه وقود جيد للشعلات المتوهجة.

وقد كانت صناعة البالونات قديماً لا تحتاج إلى الكثير من الأيدروجين، ولكن بتطور هذه الصناعة واختراع المركبات الهوائية الموجهة التي تحتاج إلى ملايين الأقدام المكعبة من الأيدروجين، أصبح استخدام الهليوم أكثر أماناً.

وقد عبر الإنسان منذ القدم في الكتب الدينية والأساطير عن حلمه بالإنسان المثالي ذي الأجنحة، حتى تكون عنده القدرة على التحليق في الفضاء. وكانت محاولة "جوزيف مونتجولفير" في فرنسا تحقيقاً جزئياً للحلم القديم، حينما سمح ـ غير حريص ـ لأثنين من أصدقائه بالصعود في أول بالون للركاب يطير في الفضاء المجهول. وكان ذلك في عام ١٧٨٣ بعد تجربته الأولى بقليل، والتي بعث فيها إحدى الأغنام وطائر كقائد للبالون، هذا هو ما حدث تماماً، وحينما قفز الحيوان والطائر مذعورين، سبب سقوطهما فوق قرية فرنسية آمنة تشاؤماً وتنبؤات خرافية عن سقوط صواعق وكوارث من السماء.

إن عهد البالونات والسباق العالمي في ميدانه ليس بالتاريخ القديم، لأن مشاهير العلماء حتى في وقتنا الحاضر يستخدمون مركبات مصنوعة من الألمونيوم تطير بها البالونات إلى ارتفاع حوالي ثلاثة عشر ميلاً، حتى يتسنى لهم القيام بدراسات هامة لطبقات الجو العليا. وقد لقي كابتن جراي الأمريكي

حتفه عام ١٩٢٧ في إحدى البالونات بسبب حدوث انفجار في أنبوبة التنفس الأكسيجينية أدى إلى وفاته. كما استخدمت الجيوش البالونات في عمليات الاستكشاف للتجسس على مراكز العدو، إلى أن كان استخدام الطائرات في الحرب العالمية الثانية. وقد استخدمت البالونات أيضاً لحراسة السفن في القناة الإنجليزية.

إلا أن الأيدروجين لم يكتف ببقائه في هذه الدائرة المحدودة، بل إنه خطا إلى الأمام لاحتلال الصدارة في هذا العالم. إذ استطاع العلامة الألماني هابر في عام ١٩١٣ أن يجعل الأيدروجين يتحد بنيتروجين الهواء لتكوين غاز النشادر، وكانت هذه خطوة سريعة وسهلة لصنع أحد الأسمدة الهامة وهو كبريتات النشادر، وكذلك لصنع حامض النيتريك الذي يعتبر أساساً لصناعة المفرقعات القوية والأفلام والحرير.

ولا يقتصر دور الأيدروجين على هذا فقط. فقد وجد العالم الفرنسي ساباتير أنه يمكن إضافة الأيدروجين إلى كثير من المركبات الكربونية بمساعدة آثار من معدن النيكل

كعامل مساعد. وتعرف هذه العملية بالهدرجة، وقد وجد أن الدهون السائلة مثل زيت بذرة القطن يمكنها أن تمتص الأيدروجين في وجود النيكل، فتتجمد إلى مادة سهلة الاستعمال في الطبخ حلت محل الدهن الطبيعي.

ومن المعروف أنه لا يمكن صناعة الصابون الصلب من الدهون السائلة أو غير مشبعة؛ ولذلك فكر الكيميائيون في تجميد هذه الزيوت مثل زيت بذرة القطن وزيت فول الصويا وغيرها بواسطة الأيدروجين، ثم معالجتها بالصودا الكاوية لإنتاج الصابون الصلب، وقد تم ذلك بنجاح كبير. ففي الولايات المتحدة وحدها تجمد ثلاثمائة مليون رطل من الزيوت السائلة سنوياً. وتعادل هذه الكمية مقدار الدهن الطبيعي الذي ينتج من سبعة ملايين خنزير.

ولم تقتصر عملية الهدرجة على تجميد الدهون فقط، بل استعملت كذلك في تحويل اللجنايت الناتج من الفحم إلى وقود سائل ممتاز للمحركات. وقد أنتجت كميات كبيرة من هذا الوقود في ألمانيا حين دعت إلى ذلك الحاجة الملحة لعدم وجود البترول، وقد اضطرت ألمانيا إلى استخدام الفحم لإنتاج وقود المحركات رغم أن ذلك كان كثير النفقات بالنسبة لإنتاجه من البترول.

وفي الولايات المتحدة عملت شركة ستاندارد أويل على هدرجة البترول لإنتاج المزيد من الجازولين، ولكي يمكنها تغيير نوع منتجاتها للتماشي مع تغيرات احتياجات الأسواق، ولقد أصبحت هذه الطريقة عملية بعد إمكان التغلب على الناحية الهندسية، وأصبح ممكناً باستخدام الضغط والحرارة والعوامل المساعدة تحويل كل أنواع الزيوت إلى منتجات جديدة نافعة.

ومنذ خمسة وعشرين عاماً تمكن الأمركيون بيوري و بريكويدومورفي من اكتشاف و فصل صورة أخرى للأيدروجين من الماء. إذ لوحظ أن مقدار الوزن الذري للأيدروجين عند تعيينه بالطرق الكيميائية الدقيقة لا يتفق تماماً ومقداره عند تعيينه بالطرق الطبيعية الحساسة. وكان الاختلاف يقدر بحوالي جزء من خمسة آلاف جزء. وقد اقترح مشاهد

دقيق أنه إذا كان الأيدروجين يحتوي على شبيه أو نظير وزنه الذري ضعف الوزن الذري للأيدروجين العادي فيكون الوزن الذري عند تعيينه بالطريقة الكيميائية متفقاً تماماً مع مقداره عند تعيينه بالطرق الطبيعية. فالنظائر تتشابه كيميائياً، إلا أنها تختلف في تركيب نواتها، ولذا يكون الاختلاف في الوزن الذري. وقد افترض يروي أنه إذا كان الأيدروجين الثقيل موجوداً، فإنه يمكن تركيزه للدرجة التي تسمح بالكشف عنه، وذلك بتبخير كمية كبيرة من سائل الأيدروجين. ومن الواضح أن الجزئيات الثقيلة ستتبخر متباطئة عن الجزيئات الخفيفة، وبذلك تكون القطرات الأخيرة من السائل غنية بالأيدروجين الثقيل.

وقد تمكن بريكويد من الحصول على سنتيمتر مكعب من سائل الأيدروجين المتخلف عن تقطير حوالي أربعة ألتار منه. وقام يوري و مورفي باختبار هذا الأيدروجين بطريقة تعين الطيف. وبذلك نجح يوري في الكشف عن الأيدروجين الثقيل. أما استخلاص الأيدروجين الثقيل فقد تم مؤخراً عندما وجد واشبرن أنه بتحليل الماء كهربياً فإن الكمية الأخيرة من الأيدروجين تنفصل وهي غنية بالنظير الثقيل.

وهكذا يتمتع الأيدروجين الآن بمكانة قيمة لم يحجزها من قبل، ولكن الكيميائيين يتطلعون بشغف إلى مستقبله الأعظم.

الفصل السابع

الماء أكسير الحياة

هذا هو عالم الماء ما في ذلك شك. إذ ماذا يحدث لو تصورنا مثلاً أن هناك سائلاً آخر يملأ المحيطات والبحار ويكون ثلثي وزن الإنسان والحيوان والنبات ويكون السحاب والأمطار؟.

صحيح أننا لا ننكر مزايا الثلج الجاف "ثاني أكسيد الكربون المتجمد"، كما أن بخار الزئبق يستخدم بدلاً من بخار الماء في إدارة الآلات. ونرى في هوليوود استخدام المثبتات البلورية الصلبة المستعملة في التصوير "أملاح الهايبو" لإعداد ساحات الانزلاق حين لا يتوفر الثلج. ولكن ماذا تكون النتيجة لو أننا أبدلنا كل ثروتنا الراهنة من الماء بسائل آخر مثل الجازولين؟. والجواب على ذلك أنه بملامسته للنار سوف يفنى كل الأكسجين الموجود في الجو لإشعال جزء من المحيط. وسيؤدي مثل هذا العمل المتسم بالغباء إلى فقدان جزء من رصيدنا. وطبيعي أن عصير السكر لن يجري في عيدان القصب حيث إن الجازولين لا يذيب السكر. كما سيعجز هذا السائل عن حمل محتويات العصارة النباتية. ولا تنس أن دم الإنسان يحمل في محلوله أملاحاً معينة بينها توازن دقيق. هذا بالإضافة إلى المواد الغذائية الأخرى التي يحملها والتي يستحيل ذوبانها في الجازولين.

لذا وجب علينا أن نعترف بأن الماء هو أكسير الحياة الحقيقي الذي بحث عنه الكيميائيون الأوائل منذ أمد بعيد.

لقد حمل الماء عبء التجارة منذ أقدم العصور، ولطف جو الأرض بفضل ذلك الغطاء البخاري الذي يحيط بها وينظم حرارتها ويحيط قمم الجبال الصلدة حاملاً الطمي

إلى سفوحها، كما أنه يضفي بالسحب على الطبيعة جمالاً ورونقاً وبهاء.

وإذا فرض وبرد ميل مكعب واحد من هواء الصيف الرطب لدرجة التجمد فجأة، فإنه يفيض على الأرض بما يقرب من ٤٠ ألف طن من الماء. إلا انه من حسن الحظ أن مثل هذه الظواهر التي قد تحدث في السحب في بعض الأحيان تكون نادرة.

ولسقوط الأمطار أهمية كبيرة للزراعة. وليس أدل على ذلك من أن سقوط بوصة واحدة من المطر في شهر يوليو على مناطق زراعة القمح في أمريكا تعود على المزارعين بأربعمائة مليون دولار. وتزن مثل هذه البوصة الواحدة من المطر المتساقط على الفدان الواحد ١١٣ طناً.

وعندما تتجمد مياه البحيرات يطفو الجليد فوق سطحها تبعاً للحقيقة العلمية المعروفة. ولو فرض وحدث العكس وكان الجليد أثقل من الماء لاستقر في القاع وظل جامداً معظم العام، وعانت الأسماك أوقاتاً عصيبة، وتحددت الملاحة الصيفية واقتصرت على السفن الصغيرة.

وإننا إذ نذكر بعض الخصائص الطيبة للماء، يجب أن نذكر حرارته النوعية العالية نسبياً، والتي يشترك معه فيها عدد قليل جداً من المواد. ونعود فنذكر القارئ بما سبق أن ذكرناه في الفصول الأولى من أنه لرفع درجة حرارة جرام واحد من الماء درجة مئوية واحدة، فإنه يلزمه سعر حراري واحد. وينطلق هذا السعر بالتبريد. وبعبارة أخرى فإن الحرارة النوعية للماء الواحد "الوحدة القياسية"، بينما حرارة معظم الصخور النوعية خمس هذا المقدار؛ ويترتب على ذلك برودة الأرض سريعاً كلما اقترب فصل الشتاء، بينما تبرد المحيطات والبحيرات ببطء. وبذا تعمل على تلطيف جو الأرض. ومع أن العكس يعمل على تلطيف الجو أيضاً إلا أن تأثيره لا يلاحظ إلا في أوائل الربيع.

ماذا تفعل بريطانيا بدون ذلك العدد الهائل من السعرات الحرارية التي تأتي إليها من خليج المكسيك الدافئ ويحملها تيار الخليج؟ فإذا لم تكن حرارة الماء النوعية أعلى من حرارة الأرض الجافة لأصبح لبريطانيا جو يشابه جو لبرادور. ولو لم تكن للماء _الذي

يكون معظم وزن أجسامنا_ مثل هذه الحرارة النوعية المرتفعة، لأدت التمرينات الرياضية العنيفة إلى رفع درجة حرارتنا إلى حد خطير وربما مميت أيضاً.

ويراود المهندسين من آن لآخر فكرة إمكان إنشاء حاجز ضخم على حدود نيوفونلاند ليحولوا بين نيو انجلند وبين تيار القطب البارد. إلا أن انجلترا سوف تحتاج على مثل هذا المشروع.

هذا وقد راود المهندسين الفرنسيين يوماً حلم شق قناة من المحيط الأطلنطي في مستوى البحر، لتغمر القطاعات المنخفضة من صحراء ليبيا وكان يأملون أن تعمل هذه البحيرة الصناعية الهائلة على إسقاط المطر في أوروبا وشمال إفريقيا.

وربما داخل العامة الشك في كون الماء ليس مركباً كيميائياً. والواقع أنه كذلك، بل إنه أكثر المواد الكيميائية استعمالاً في المعمل. فلولا اتحاد الماء مع الكلور من أمكن للكلور تبييض الأقمشة القطنية أو قتل البكتريا. ويتفاعل غاز النشادر مع الماء ليكون ماء النشادر وهو قاعدة نافعة. ولولا اتحاد الجير الحي مع الماء ما كان هناك جير مطلقاً أو ملاط كما هو الواضح من المعادلة الآتية:

$$\text{كا أ} + \text{يد}_2\,\text{أ} \rightarrow \text{كا}(\text{أ يد})_2$$

وما كان هناك عجينة باريس "$\text{كا كب أ}_4\ 20\text{يد}_2\ \text{أ}$" التي تصنع منها التماثيل الجميلة وتدخل في فن المعمار.

ويعتبر الاختلاف في خواص أكسيد الديوتيريوم أو الماء الثقيل وأكسيد الأيدروجين أو الماء العادي "$\text{د}_2\ \text{أ}$ ،$\text{يد}_2\ \text{أ}$" اختلافاً في الدرجة وليس في النوع. إلا أن هذه الاختلافات هامة. ويبين الجدول الآتي بعضها:-

	الماء الثقيل	الماء العادي
الكثافة	١,١٠٠٧	١,٠٠٠
درجة الغليان	١٠١,٤° مئوية	١٠٠° مئوية

درجة التجمد	+٣,٨° مئوية	صفر مئوية

وقد انخفض سعر الماء الثقيل "نقاوة ٩٩,٥٪" من ١٥٠ دولاراً للجرام الواحد في أمريكا وخمسة دولارات في النرويج، إلى اقل من ذلك بكثير. وأصبح من الممكن إجراء الكثير من البحوث الكيميائية والبيولوجية والطبيعية بفضل هذه المادة العجيبة. ويعتبر السائل المتبقي بعد تحليل الكميات الهائلة من الماء تحليلاً كهربياً من مصادر الماء الثقيل في الوقت الحاضر. كما يعتبر الجزء المتبقي بعد تبخير الهيدروجين المسال من مصادر الماء الثقيل أيضاً.

ويتفاعل الماء مع اسمنت بورتلاند المصحون ليكون صخراً صلداً. ولولا هذا التفاعل ما كان هناك طرق معبدة أو مبان أو خزانات أو أنفاق أو أرصفة. هذا وتتكون الطرق الطينية بخلط التراب مع الماء بدون حدوث أي تفاعل بينها. بخلاف ما يحدث عند إضافة الماء للاسمنت، إذ لولا حدوث هذا التفاعل لكونت المادة المبتلة طريقاً موحلاً آخر.

وفي كثير من الأحوال يكون التخلص من الماء عن طريق تجفيف الأخشاب الرطبة أو الفواكه والخضروات من الأشياء المرغوب فيها. ويعتبر مسحوق البيض المجفف غذاء جيداً للجنود.

ويجفف اللبن برشه على هيئة رذاذ من خلال فتحات دقيقة أو رشاشات في تيار من الهواء الساخن الجاف، فيتحول في أقل من دقيقة إلى مسحوق جاف يحفظ جيداً ويكون غذاء ممتازاً.

هذا وقد ساعد تجفيف اللبن على تجنب تكوين مواد منه غير مستساغة الطعم نتيجة أكسدته بالهواء وهو سائل. وتجفف بعض الأملاح برش محاليلها من رشاشات دقيقة فتتحول إلى كرات متناهية في الصغر يسهل استعمالها، ولا تمتص الكثير من الرطوبة بالتسخين.

وإذا اعتبرنا أن خطوط النقل بمثابة الشرايين للمدن الكبرى، لوجب علينا أن

نعترف أن مورد المياه هو بمثابة الأورطي. وليس أدل على ذلك من أن روما لم تضعف ولم تسقط في أيدي الغزاة البرابرة إلا بعد أن قطعوا قنواتها ومنعوا عنها الماء.

ويصل الماء إلى مدينة نيويورك عن طريق قناة تحت سطح الأرض تنبع من جبال كاتس كيل على مسافة ١٥٠ ميلاً من المدينة الكبيرة. ويتفرع من هذه القناة عدة فروح على عمق ٦٠٠ قدم من سطح الأرض لتغذي المدينة، وهناك حوالي ٥٠٠٠ ميل من أنابيب الحديد الزهر التي تحمل الماء للمستهلكين في هذه المدينة النهمة التي تستهلك عدة مئات الألوف من الجالونات يومياً.

وإذا فرض ودفع سكان المدن سنتاً واحداً لجالون الماء، كما كان يدفع أجدادهم عام ١٨٠٠ ثمناً للماء الذي كان يوزع عليهم في براميل، لوصل الاستهلاك اليومي لسكان مدينة كبيرة كنيويورك عشرة ملايين دولار. ويسجل استهلاك المياه في معظم المدن الأمريكية في الوقت الحاضر بواسطة عدادات أوتوماتيكية على أساس سنت واحد لكل ١٠٠ جالون. وينسب صانعو المواسير الفضل في وفرة المياه ورخص أسعارها إلى إنتاجهم من مواسير الحديد الزهر، التي تصنع منها جميع المواسير الموصلة للماء، عدا الرئيسية منها فتصنع من قنوات ضخمة مبطنة بطبقة ناعمة من الكونكريت.

ويبلغ متوسط ما تستهلكه مدينة تعدادها مائة ألف نسمة، عشرة ملايين جالون من الماء يومياً. ويستعمل الشخص الواحد $\frac{1}{2}$ جالون للشرب والطهي، و٣٠ جالوناً أخرى للاستعمال المنزلي كالتنظيف والاستحمام، وأما الباقي فيستخدم في الصناعة والإطفاء وتنظيف الشوارع. هذا ويجب أن يكون للعشرة ملايين جالون كلها نفس الصفات المطلوبة في الخمسين ألف جالون المستعملة في الشرب.

وشعار مرافق الماء في كل مدينة هو نقاء الماء وخلوه من البكتريا الضارة. وتتم تنقية الماء بعناية بأحواض التصفية وتحاشي تلوثها بالمخلفات وترشيح الماء وإضافة الكلور بنسبة رطلين ونصف رطل لكل مليون جالون من الماء. ورغم تفاهة هذه الكمية من

الكلور، فإن الرأي العام دائم التذمر من طعم الماء. ويزداد التغير في طعم الماء عندما تتلوث المياه بمخلفات النواتج الثانوية لأفران الكوك، وذلك لتفاعل الكلور مع المواد الفينولية مكوناً مواد ذات طعم غير مستساغ. إلا أن ذلك قلما يحدث، كما أنه من الممكن تحاشيه تماماً.

ومن الطرق الناجحة والتي يجب أن تعمم، إضافة كميات ضئيلة جداً من الكربون المسامي على هيئة مسحوق يقلب جيداً مع الماء، ثم يزال بالترشيح. وقد أدت هذه الطريقة إلى إزالة الطعم غير المرغوب فيه بصورة واضحة.

وفي عام ١٨٨٠ كانت الوفيات من حمى التيفود في اثنتي عشرة ولاية أمريكية حوالي ٥٥ شخصاً لكل ١٠٠,٠٠٠ من السكان. وفي عام١٩٧٢ نقصت هذه النسبة إلى ١,٩٦ لكل ١٠٠ ألف. هذا ولم يكن النقص في الوفيات يعزي كلية إلى تنقية الماء بالكلور، بل إلى العناية بمصادر اللبن التي لعبت دوراً هاماً أيضاً.

وكان الماء الذي تستهلكه مدن أوروبا في القرون الماضية رديئاً جداً. وكثيراً ما ساعد على انتشار الأمراض والأوبئة. وقد تخيل بعض المؤرخين أنه ربما كان أولئك الذين يشربون النبيذ والبيرة والقهوة والشاي بدلاً من الماء الملوث بالبكتيريا يعيشون حياة أطول وأفضل. وصعب على هؤلاء المؤرخين أن يصدقوا أن سكان أوروبا عاشوا كل هذه الأجيال متخذين هذا الماء الملوث شراباً لهم.

ويتوقف اتساع مدينة لوس انجلوس في المستقبل على كمية الماء التي تصلها من نهر كلورادو على مسافة بعيدة منها. وحتى في الوقت الحاضر، فإن النقص في مصادر الماء يلوح في الأفق مما يجعل أهل المدينة يفكرون في استعمال الماء مرتين. "هذا ويقوم مهندسو صحة المدينة "وعلى سبيل التجربة فقط" بتحويل ٢٠٠ ألف جالون من المخلفات القذرة للمدينة إلى ماء صاف نقي. وتدل التحاليل على أنه مماثل للمياه العادية المنتظمة. ورغم أن هذا الماء لا يمكن معرفة مصدره عن طريق الرائحة أو الطعم، فإنه لا يعود لمستودعات مياه المدينة مرة ثانية، وذلك لإحجام الناس عن استعماله".

وربما خصصوا له شبكة ثانية من الأنابيب ليستعملوه في أغراض ثانوية أخرى.

ويسمى إيسلين هذه الطريقة "بطريقة غسل المخلفات". ويقول إنها تستعمل في جميع البلاد الواقعة على شاطئ نهر أوهايو بدون أي اعتراض من الأهالي ولا غرو في ذلك فإن الطبيعة نفسها تساعد على تنقية مياه الأنهار. وتتم عملية تنقية المخلفات في لوس أنجلوس بواسطة "الرواسب البرازية المنشطة". وهي عبارة عن مزرعة نامية من البكتريا والخمائر، تعمل على تحويل المخلوط المائي إلى كتل سوداء صلبة تستعمل كسماد، وإلى وقود غازي وماء صاف. وتكرر معالجة المخلفات بهذه الرواسب المنشطة، ثم ترشح و تعرض للهواء ويمر فيها غاز الكلور، و تترك فترة من الوقت لتستقر، ثم يضاف لها الفحم وترشح ثانية لتصبح ماء نقياً.

ورب سائل يقول لماذا لا تستعمل لوس أنجلوس ماء البحر؟. وللإجابة على مثل هذا السؤال، نقول إن ماء البحر المالح غير صالح للشرب، وإنه يقتل النبات ويحدث تآكلاً للمراجل. ولا توجد هناك في الوقت الحاضر مادة تزيل هذه الأملاح بطريقة اقتصادية خاصة، هذا إلى أن جميع أملاح الصوديوم قابلة للذوبان في الماء. ومن الصفات المرغوبة في الماء خلوه من العسر الذي يتكون بمرور الماء في مناطق الحجر الجيري، فيذيب معه أملاح الكالسيوم والمغنسيوم، و بتسخين هذا الماء العسر في المراجل تحول البيكربونات إلى كربونات عديمة الذوبان في الماء، كما ترسب الكبريتات والكلوريدات بالتبخير التام. وتكون هذه الأملاح طبقة على جدار المرجل تكلفنا الكثير، ولكي نقدر الخسارة الناتجة عن استعمال الماء العسر، تذكر أن طبقة من هذه الأملاح المترسبة سمكها $\frac{1}{8}$ بوصة على جدار المرجل تسبب فقداً قدره ٪١٠ من الوقود المستعمل، ويسبب استعمال الماء العسر في مواسير الماء الساخن المستعملة في التدفئة انسداداً تدريجياً لهذه المواسير. ومما يزيد الأمور تعقيداً أن أملاح الكالسيوم والمغنسيوم هذه الموجودة في الماء العسر تتفاعل مع الصابون لتكون مادة دهنية لزجة من صابون الكالسيوم العديم الرغوة.

ولتحويل الماء العسر إلى ماء يسر تقوم بعض المصانع بترسيب الكالسيوم

والمغنسيوم بالجير والصودا، إلا أن هذه الطريقة لم تعمم. و تعتبر بلدية أوبرلين في أوهايو أول من حول مصدر الماء الذي يغذي المدينة إلى ماء يسر في الولايات المتحدة كلها. هذا وتعتبر مدينة كولومبس أكبر مدينة تبنت هذه الطريقة التي يمكن إجراؤها على نطاق واسع بنجاح.

وتستعمل الفنادق الكبرى وبعض المصانع والمنازل الخاصة طريقة الزيوليت، الصناعي لتحويل الماء العسر إلى ماء يسر بنجاح. وهناك من يعتقد في إمكان تعميم هذه الطريقة الجديدة في المدن ولو أنها أكثر تكلفة من سابقتها.

وتتلخص هذه الطريقة في ترشيح الماء خلال طبقة من مادة الزيوليت التي يمكن تجديدها من آن لآخر بغمزها في محلول ملحي. وهي تمتاز بالبساطة وبمقدرتها على تيسير الماء أكثر من أي طريقة كيميائية أخرى.

وبالإضافة إلى أهمية الماء بالنسبة للطاقة البخارية والمواصلات والزراعة والجو والصحة والجمال نضيف أيضاً أهميته في النظافة و إزالة الأقذار وتعدين الذهب ورصف طرق الكونكريت ومن ألياف السليولوز في صناعة الورق وتحضير الأيدروجين صناعياً.

وقد شيدت في خزان هوفر الشهير أبراج هائلة يبلغ ارتفاعها ٣٥٨ قدماً بها بوابات أسطوانية ضخمة لحجز فيضانات نهر الكولورادو، وتطلق هذه المياه المحجوزة خلف السدود لري الأراضي الجرداء الشاسعة ولمد الأماكن المكتظة بالسكان بطاقة تقدر بعدة ملايين حصان.

الفصل الثامن

متى يتجمد الماء

كلنا يعرف أن الماء يتجمد في درجة ٣٢ فهر نهيت أو الصفر المئوي، وأن الماء المالح يجب أن يبرد إلى درجات أقل من الصفر قبل أن يتحول إلى جليد. ولنفرض أنك أردت أن تعين كمية الملح اللازم إذابتها في لتر من الماء لمنع تجمده في درجة –٥ مئوية. فماذا تفعل؟.

وأهم من ذلك معرفة كمية الجليسرين أو الكحول أو الجليكول اللازم إضافتها إلى الماء في محرك السيارة لتمنع تجمده في المحرك في الجو البارد.

هذا وقد سبق أن ذكرنا في أحد الفصول السابقة أن جزيئات أي غاز تطير في الفراغ الذي حولها شبيهة خلايا النحل وهو نوع من الانتشار الجزيئي في الفراغ. والآن لو تخلينا أنك شغلت هذا الفراغ بالماء أو بسائل آخر، فستكون النتيجة الحد من انطلاق هذه الجزيئات، وتنتشر الجزيئات في السائل فيتكون ما يعبر عنه بالمحلول إلا أننا في الواقع نكون المحاليل بطرق أبسط من هذه بأن نضع مثلاً قطعة من السكر في قدح من الشاي، فيتداخل الماء بين جزيئات السكر المتماسكة. وتحولها إلى محلول متجانس من السكر في الماء. وليست كل السوائل كالماء، فالجازولين مثلاً لا يذيب السكر، و بالتالي لا يكون محلولاً منه. كما يتغير الموقف لو كانت المادة المذابة دهناً، فإن الجازولين يذيبها بينما يعجز الماء عن ذلك.

وإذا قلبنا المساحيق الناعمة في الماء فإنها تستقر ببطء. وكلما كانت على درجة أكبر من النعومة كلما طال وقت رسوبها. غير أنها لا بد وأن ترسب، بخلاف المحاليل فإنها لا ترسب إطلاقاً إذا أحكمنا تغطيتها لمنع البخر.

وقد لوحظ أنه إذا أذيب ٣٢ جراماً من كحول الخشب "ك يد$_3$ أ يد" في ١٠٠٠سم^3 " لتر واحد" من الماء لتجمد الماء في درجة –١,٨٦ مئوية بدلاً من الصفر المئوي. وبالمثل فإن إذابة ٩٢ جراماً من الجليسرين في لتر من الماء تجعله يتجمد في نفس الدرجة. والعجيب هنا أن ٣٢ جراماً من كحول الخشب تحتوي على نفس العدد من الجزيئات الذي يحتويه مقدار من الجليسرين وزنه

٩٢ جراماً، وأن نسمة أوزانهما الجزيئية هي ٣٢ إلى ٩٢. هذا ويطلق على الاثنين وثلاثين جراماً هذه الوزن الجزيئي مقدراً بالجرامات لكحول الخشب. و بديهي أننا إذا جمعنا أوزان الذرات في جزيء الكحول لحصلنا على الوزن الجزيئي.

وقد أجريت تجارب لإذابة الأوزان الجزيئية _مقدرة بالجرامات بالضبط_ لعدة مواد قابلة للذوبان "عدا الأحماض والقلويات والأملاح" في لتر من الماء. ثم بردت هذه المحاليل المختلفة فلم تتجمد إلا بعد أن بردت لدرجة –١,٨٦ مئوية. ويستخلص من هذا أن الجزيئات المختلفة، سواء الخفيف منها و الثقيل، تتساوى في قدرتها على خفض درجة تجمد الماء. ولا يدخل في الاعتبار عامل اللون أو الطعم أو الرائحة، إذ أن المسئول عن خفض درجة التجمد هو عدد الجزيئات المذابة و ليس نوعها. و بديهى أنه ليست لكمية المادة المانعة للتجمد في محرك السيارة الاعتبار الأول، بل لعدد جزيئات هذه المادة.

والآن وبعد أن اقتنعت بأن الوزن الجزيئي بالجرامات للمواد المختلفة يخفض درجة تجمد لتر من الماء بمقدار ثابت هر ١,٨٦°مئوية، فهل يمكنك تعيين الوزن الجزيئي لمادة مجهولة استخلصتها من بذور إحدى الشجيرات التي صادفتك في إحدى رحلاتك الاستطلاعية؟ إن الأمر في غاية البساطة، فكل ما عليك أن تفعله هو أن تستمر في إذابة كميات من هذه المادة المجهولة في لتر من الماء مع الاستمرار في تبريده بطرق التبريد المناسبة، حتى تحصل على درجة التركيز التي تجعل الماء يتجمد في درجة –١,٨٦ مئوية.

فلو فرضنا أنك أذبت ٨٥ جراماً من هذه المادة لتحصل على درجة التجمد هذه،

لصار طبيعياً أن يكون هناك عدد من الجزيئات في الخمسة والثمانين جراماً هذه، مساو لعدد الجزيئات الموجودة في ٣٢جراماً من كحول الخشب الذي ذكرناه آنفاً أو في الوزن الجزيئي بالجرامات لأي مادة أخرى تحدث نفس الانخفاض في درجة التجمد. وعليه فإن الوزن الجزيئي للمادة المجهولة هو ٨٥ جراماً. . ولإيجاد الوزن الجزيئي لأي مادة، تذاب كمية مناسبة من هذه المادة في الماء ثم يبرد المحلول حتى التجمد. وبعمل علاقة نسبية بين الأوزان والانخفاض في درجة التجمد، يمكننا تقدير عدد الجرامات اللازمة للحصول على درجة تجمد –١,٨٦°مئوية بسهولة.

مخاليط مانعة للتجمد للاستعمال في محرك السيارة

النسبة المئوية في الماء "على أساس الحجم"

درجة التجمد	كحول حمر	كحول الخشب	جليسرين مقطر	إيثلين جليكول
٢٠° مئوية	١٩	١٢	١١	١٦
١٠° مئوية	٣٠	٢٠	٣٢	٢٥
صفر مئوية	٣٨	٢٩	٤٠	٣٢
–١٠° مئوية	٤٥	٣٤	٤٧	٣٩
–٢٠° مئوية	٥٢	٤٠	٥٤	٤٤

ويستدل من هذا الجدول المبسط _رغم أنه لم يذكر الأوزان الجزئية ولا الأوزان العادية_ على أن النسبة المئوية للحجوم توضح بالتقريب إن إضافة لتر من السوائل ذات الجزيئات الصغيرة مثل كحول الخشب، يحدث انخفاضاً في درجة التجمد أكبر من حجم مماثل من الجليسرين المحتوى على جزيئات أكبر، ولكنها أقل عدداً؛ وذلك لأن اللتر من كحول الخشب يحتوي على عدد من الجزيئات أكبر مما يحتويه لتر من الجليسرين، والمهم هو عدد الجزيئات.

ويعود الفضل في تجنب الانفجارات التي تنشأ عن الانصهار المفاجئ للديناميت المتجمد، إلى إضافة مادة الداينتروتلوين أو غيرها من المواد الأخرى التي تعمل على

خفض درجة تجمده.

وعندما تتجمد عصارة نبات القمح داخل النبات تتمزق أنسجته. وبإيجاد درجة تجمد العصارة في المعمل يمكننا معرفة أي أنواع القمح تتحمل الشتاء القارس. هذا وتحتوي عصارة النباتات الدائمة الاخضرار على مواد مذابة كافية لخفض درجة تجمدها إلى الحد الذي يمنعها من التجمد شتاء. كما وأن العصارة الصيفية لنفس هذه النباتات تكون مخففة بحيث تتجمد ويتلف النبات لو عرضت لبرد الشتاء القارس، إلا أن الطبيعة تتدخل لتحمي النبات. فبمجرد انتهاء فصل الخريف وحلول الشتاء يتحول النشا غير القابل للذوبان الموجود في الأوراق إلى مواد سكرية قابلة للذوبان، وبذا تنخفض درجة تجمد العصارة.

ويذكر القارئ أننا استثنينا "في بداية هذا الفصل" الأحماض والقواعد والأملاح من قائمة المواد التي تعمل إذابتها على خفض درجة التجمد. ولتوضيح ذلك، تقول إنه إذا علم القارئ أن الوزن الجزيئي لملح الطعام هو ٥٨ لتوفرت للقارئ كل الأسباب التي تجعله يعتقد أنه بإذابة ٥٨ جراماً من الملح في لتر من الماء تنخفض درجة تجمد الماء ١,٧٦° مئوية تحت الصفر. إلا أن المحلول يتجمد في الواقع في ضعف هذه الدرجة. فكيف يمكننا إذا تعليل ذلك خاصة وأننا نتبع قاعدة مبنية على عدة تجارب تقول "إن الأعداد المتماثلة من الجزيئات تؤدي إلى نفس الانخفاض في درجة التجمد" وبمعنى أصح، كيف يمكن تفسير النتيجة الشاذة التي حصلنا عليها بالملح، والتي تساوي تقريباً ضعف ما حصلنا عليه في تجارب السكر والجليسرين والكحول وغيرها من المواد؟. هناك جواب واحد. وهو أن جزيء الملح "ص كل" لابد أن يكون قد انقسم إلى جزئيين أو على الأقل انقسمت معظم الجزيئات إلى جزئيين هما الصوديوم والكلور.

ومن المعروف أن الصوديوم العادي الذي نرمز له بالرمز "ص" يتفاعل مع الماء بعنف أما غاز الكلور فلونه أخضر، وهو مهيج للأغشية وسام. غير أن الكوب المليء بملح الطعام لا لون له، كما أنه غير سام ولا ينفجر. إذا ليس هناك من تعليل مقبول إلا أن هذه الأجزاء من الصوديوم ليست من الصوديوم العادي وليست أجزاء الكلور من الكلور العادي.

وإذا مر تيار كهربي مستمر في محلول من الملح فستعرف السر. فبمرور التيار ينبعث غاز الكلور الأخضر المائل للاصفرار حول القطب الموجب بينما يذهب الصوديوم إلى القطب السالب، ولولا وجود الماء لرسب على القطب. إلا أن الصوديوم يتفاعل مع الماء وينتج عن التفاعل أيدر وكسيد الصوديوم وغاز الأيدروجين يظهران معاً عند القطب السالب. ويرجع السبب في انجذاب أجزاء الكلور نحو القطب الموجب إلى الشحنة السالبة الموجودة على هذه الذرات. والواقع أنها ليست ذرات بل أيونات كل $^-$يجذبها القطب الموجب. وبنفس الطريقة تذهب ذرات الصوديوم إلى القطب السالب لأنها أيونات صوديوم تحمل شحنة موجبة ص $^-$ يجذبها القطب السالب. فتفقد شحنتها وتتحد مع الماء.

ص كل ← ص $^+$ + كل $^-$

هذا و يمكن تفسير الظاهرة المعروفة، وهي أن محاليل الأحماض والقلويات والأملاح وحدها توصل التيار ، بأن هذه الذرات أو بمجموعات الذرات المشحونة في هذه المركبات هي التي تحمل التيار و توصله. فمحلول السكر مثلاً غير موصل للتيار. كما تنتج المحاليل المائية للأحماض ذرات ذات شحنة أو أيونات يد $^+$ يعزى إليها الطعم الحمضي وتفاعل الأحماض مع المعادن والكربونات ومعادلة القلويات.

يد كل ← يد $^+$ كل $^-$

وبالمثل تنتج المحاليل المائية للقلويات مثل الصودا الكاوية أيونات الهيدروكسيد "أ يد $^-$".

ص أ يد ← ص $^+$ + أ يد $^-$

ويتعادل الحامض مع القاعدة ويفسد كل منهما صفات الآخر، وذلك لأن أيونات الأيدروجين تزيل شحنة أيونات الهيدروكسيد مكونة ماء كما يتضح من التفاعل الآتي:

يد $^+$ + أ يد $^-$ ← يد $_2$ أ

وهكذا يمكننا فهم التأين و التحلل الكهربي و تعادل الأحماض مع القواعد.

هذا ولا تخرج عملية تغطية المعادن بالفضة "الطلاء بالفضة" عن كونها انجذاب أيونات الفضة "ف +"من أحد محاليل أملاح الفضة نحو القطب السالب الذي يكون إما ملعقة معدنية وإما شوكة يراد طلاؤها بالفضة. ثم تنفصل الشحنة الكهربية من الأيونات بمجرد وصولها إلى القطب السالب، وترسب على هيئة طبقة من معدن الفضة.

ولتأييد القضية التي سبق شرحها، نذكر أن غاز كلوريد الأيدروجين الذائب في الماء أو بمعنى أصح حامض الكلوردريك يتفاعل مع الزنك والرخام "كربونات الجير". بينما لو أذيب هذا الغاز في سائل آخر مثل التولوين فإنه لا يتفاعل مع أي من المواد السابقة. ولتعليل ذلك نقول إن جزيئات يد كل تتحلل في الماء إلى أيونات أيدروجين "يد +"وأيونات كلور " كل -" سالبة التكهرب، ولكنها توجد في التولوين على هيئة جزيئات ذائبة وليست أيونات.

ويجدر بنا أن نضيف هنا أن الأملاح المنصهرة تتأين أيضاً وتوصل الكهرباء وتتحلل كذلك عند توصيلها للتيار. ولولا ذلك لكانت كميات الألومنيوم المتداولة قليلة جداً ومرتفعة الثمن، ولانعدم المغنيسيوم من الأسواق إطلاقاً.

وتشير أحدث النظريات العلمية إلى أن الأحماض والقلويات والأملاح الصلبة مكونة من هذه الأجزاء المشحونة أو الأيونات، ومرتبة بطريقة هندسية بحيث يجاور كل أيون منها أيونات أخرى ذات شحنات مضادة.

و تعمل إضافة الماء إلى إبعاد هذه الوحدات عن بعضها البعض. وبالمثل يحدث نفس الشيء لو صهرنا هذه المواد الصلبة. فإن هذه الأيونات تنفصل عن بعضها وتكتسب حرية أكبر في الحركة. هذا وقد أمكن التحقق من النظام الشبكي لبعض المواد المتبلورة بواسطة التصوير بأشعة أكس.

الفصل التاسع

الحرب الكيميائية

بدأ عهد جديد في الحرب الحديثة عندما أطلق الجيش الألماني سحب غاز الكلور السام الأخضر المائل للاصفرار على جيوش الحلفاء، واخترق صفوفهم في معركة يبرس عصر يوم ٢٢ أبريل سنة ١٩١٥.

إلا أن هذا الحادث لم يكن الأول من نوعه في استخدام الأدخنة والأبخرة السامة لإضعاف الروح المعنوية للعدو. فقديماً أحرق الأثينيون والإسبرطيون الكبريت والقار عام ٤٣١ قبل الميلاد أمام أبواب مدن الأعداء. كما استعمل الإمبراطور كونستانتين "نار الإغريق" "وهى مخلوط من الجير والكبريت والراتنج والبترول" في حربه العدوانية مع أهل الشرق عام ٦٧٣ ميلادية.

وقد فكر البريطانيون في استعمال الكبريت المشتعل في حصار سيباستبول إبان حرب القرم. وفي حصار شارلستون بأمريكا عام ١٨٦٣ قذف القائد جلمور المدينة بعدة قذائف محتوية على "نار الإغريق". إلا أنه أقلع عن الاستمرار في تنفيذها بعد احتجاج الجنرال بوريجار.

وفي مؤتمر السلام بلا هاي عام ١٨٩٩ وقعت أقوى دول أوروبا معاهدة لمنع استخدام القذائف المشحونة بالغازات السامة. وكانت لدى الأدميرال ماهان مندوب الولايات المتحدة في المؤتمر تعليمات من وزير الدولة الأمريكي جون ماي برفض التوقيع على أساس أنه من الصعب تنفيذ مثل هذه الاتفاقية، كما وأن استعمال الغازات السامة ليس أسوأ أثراً من استعمال الأسلحة النارية والطوربيدات.

وفي أول هجوم قام به الألمان بالغازات السامة احتفظوا بنصوص الاتفاقية وليس

بروحها. واستعملوا بعد ذلك قذائف وقنابل لنشر الغاز بطريقة فعالة في الأمكنة التي يراد مهاجمتها. وفي الحرب العالمية الأولى استعمل الألمان غاز الكلور المعبأ في أسطوانات كبيرة وضعوها بالقرب من خطوط الكنديين وجنود المستعمرات الفرنسية، فتحمل الريح الغاز وتنشره بين خطوط الأعداء. ولم يكن الحلفاء مستعدين لمثل هذا الهجوم الغامض، فتشتت شملهم بعد أن فقدوا عدة آلاف من الأرواح في دفاع ميئوس منه فتح على أثره الطريق إلى موانئ المضيق، تلك التي كانت هدف الألمان. إلا أن الألمان كانوا حذرين ولم تكن لدهم الأقنعة الواقية لحمايتهم من هذا الغاز. وما أن مر المساء حتى احتاط الكنديون وشبعوا ملابسهم و قطعا من الإسفنج بمحلول الصودا وأملاح الهايبو المستعملة في التصوير "وهي مواد تتفاعل مع غاز الكلور" واستعملوها في الوقاية منه. وبهذا تمكنوا من استعادة خطوطهم.

غير أن الهجوم الثاني بالغازات في شهر ديسمبر التالي لم يكن بغاز الكلور وحده إنما كان مخلوطاً بالفوسجين. ومن حسن حظ الحلفاء أن تمكن جواسيسهم من جمع المعلومات الوافية عن الفوسجين مقدماً، وبذلك تمكنوا من تزويد رجالهم بالأقنعة الملائمة. ومنذ ذلك الوقت والحرب سجال بين الغازات السامة الجديدة والأقنعة الواقية.

ولما كان غاز الكلور عنصراً أساسياً في صناعة معظم الغازات السامة، فإن الطلب كان عليه شديداً.

وعندما فصل الصيدلي السويدي شيل غاز الكلور عن حامض الكلوريدريك عام ١٧٧٤، لم يكن يدرى أنه إنما يطلق مع هذا الغاز وحوش الحرب الضارية. وقد تم لشيل فصل الغاز بأكسدة حامض الكلوريدريك بمواد كيميائية لها القدرة على توليد الأكسجين كما هو مبين في التفاعل:

أ$_2$ + 4يد كل ← 2كل$_2$ + 2يد أ$_2$

ولقد كان حامض الكلوريدريك معروفاً قبل شيل، إذ كان يحضر بتسخين ملح

الطعام وحامض الكبريتيك المركز. فتتصاعد أبخرة الأيدروجين العديمة اللون و التي تذوب في الماء مكونة حامض الكلوريدريك. كما تنتج كبريتات الصوديوم كناتج ثانوي كما في التفاعل:

$$2\,\text{ص كل} + \text{يد}_2\,\text{كب أ}_4 \rightarrow 2\,\text{يد كل} + \text{ص}_2\,\text{كب أ}_4$$

وتتلخص الطريقة الحديثة لتحضير غاز الكلور في تحليل محلول ملح الطعام كهربياً فيتصاعد غاز الكلور عند القطب الموجب، وتكون الصودا الكاوية عند القطب السالب. ويتوقف اعتبار أيهما ناتج ثانوي على السعر والطلب. ويعمل كل منهما على تخفيض سعر الآخر.

وتوجد المواد الأولية اللازمة لصناعة الكلور بوفرة. وتنتج الولايات المتحدة وحدها ١٥ مليون طن سنوياً من الملاحات الموجودة في كل مكان تقريباً وتحت المدن الكبرى خاصة في ديترويت وكاليفلاند. ويبلغ إنتاج الأخيرة ٧٥ ألف طن سنوياً. وتتلخص طريقة استخلاصه في رفع محلول الملح بواسطة مضخات قوية ثم يترك ليتبخر.

وللملح منافع عديدة، فهو ضروري لغذاء الحيوان وحفظ المأكولات والأطعمة. وقديماً تعامل الناس بالملح كما نتعامل نحن بالنقود في الوقت الحاضر. وقد بلغت أهمية الملح درجة كبيرة، إذ قامت الثورات من أجله عندما فرض ملوك فرنسا ضرائب باهظة على الملح، كما استعمله غاندي سلاحاً في كفاحه ضد الاستعمار البريطاني في الهند.

ولا يفوتنا أن نذكر الصناعات الهامة التي يكون الملح فيها مادة أولية. ففي سيراكوز بنيويورك تحضر الصودا من ملح الطعام وحجر الجير والنشادر بطريقة سولفاي. وفي ميدلاند بولاية ميتشجان يحضر الكلور والصودا الكاوية وقائمة طويلة من المواد الكيميائية مثل الفينول والنيلة والأسبرين ومعدن المغنيسيوم والبروم وكلورور الكالسيوم بطرق غير مباشرة من ملح الطعام أو من الشوائب التي تصاحبه.

وتستهلك الولايات المتحدة وحدها ٥ مليون طن من الصودا سنوياً، و ٣,٥

مليون طن من الصودا الكاوية.

وبالإضافة إلى استخدام الكلور في الحرب، نجد أن له خواص كيماوية عديدة. فمثلاً يتفاعل الكلور مع طبقة القصدير الرقيقة التي تغطي ألواح الصاج فيحيلها إلى كلوريد القصدير النافع. كما يتفاعل بشدة مع صفائح النحاس الرقيقة لدرجة اندلا ع اللهب في بعض الأحيان كما هو واضح من التفاعل.

نح + كل$_{2}$ ← نح كل$_{2}$ **"كلورور النحاس"**

وإذا أشعلنا لهباً من الغاز الطبيعى "معظمه ميثان _ ك يد$_{4}$ " في وعاء يحوي غاز الكلور تتكون سحب كثيفة من دخان الكربون الأسود، ويتكون حامض الكلوريدريك "يدكل" كما يتضح من التفاعل

ك يد$_{4}$ + **2**كل$_{2}$ ← **4** يد كل + ك **"كربون"**

ويعلل ذلك بنشاط الكلور الذي يختلس الأيدروجين من غاز الميثان وغيره من المركبات الأيدروجينية الأخرى. هذا ويدخل غاز الكلور في تركيب عدة غازات سامة أخرى مثل اللويزايت والفوسجين والكلوربكرين وغاز الخردل. ويحضر الفوسجين بإمرار خليط من الكلور وأول اكسيد الكربون فوق الفحم الكثير المسام المنشط في درجة حرارة مناسبة الارتفاع.

ك أ + كل$_{2}$ ←+ك أ كل$_{4}$ **"فوسجين"**.

ويقوم الفحم في هذا التفاعل بدور العامل المساعد الذي يسهل اتحاد الغازين. والفوسجين غاز "إلا في درجات الحرارة المنخفضة"، ولذا تحمله الريح مسافات طويلة. وقد استخدم في الحرب العالمية الأولى داخل قذائف متفجرة تقذفه مسافات بعيدة. إلا أنه أمكن الوقاية منه بسهولة عن طريق الأقنعة الواقية التي تحتوي على طبقة من حجر الجير والصودا الكاوية. وهو غاز خداع يتوهم من يستنشقه أنه يشم رائحة الذرة الطازجة، إلا أن الحامض الناتج من تحلله سرعان ما يتلف الرئة.

ثم تلا ذلك اكتشاف الغازات المسيلة للدموع التي منها كاور سيتوفينون و بروم بنزايل سيانايد. وهي ليست غازات سامة بالمعنى الصحيح، إلا أنها ترغم الجنود على ارتداء الأقنعة الواقية مما يحد من حركتهم. هذا بالإضافة إلى المجهود الذي يبذله الجندي ليتنفس خلال هذه الأقنعة.

وهناك من الغازات ما يسبب العطس، إذ تحوى قنابلها رماداً يتناثر في الجو ويخترق المواد الكيميائية الموجودة في الأقنعة الواقية، فيضطر مرتدوها إلى خلعها ليعطسوا، وبذلك يصبحون عرضة للغازات السامة. وقد استجيبت دعوات المعذبين الذين طالبوا بوسيلة للدفاع ضد هذا النوع من الغازات وغيرها من الأدخنة السامة وكان الإنقاذ هو طبقة من اللباد يمكن أخذها من خوذة الجندي

نفسه. ويحشى هذا اللباد على هيئة وسادة توضع داخل القناع الواقي فتمنع نفاذ الرماد.

ثم جاء اكتشاف الكلوربكرين السائل "ك كا$_2$ ن أ$_2$" الذي يحضر بسهولة من الكلور والجير وحامض الكبريتيك. وعندما تنفجر القذائف التي تحوي هذا السائل، فإنه يتناثر على هيئة رذاذ يسبب القيء، فيضطر الجنود إلى نزع أقنعتهم الواقية. هذا وتمكث قطرات هذا السائل المتساقط على الأرض أو الملابس فترة أطول من الغازات السامة الأخرى مما يستدعي اتخاذ احتياطات كبيرة للوقاية منه. على أنه قد أدخلت عدة تحسينات على الأقنعة الواقية للوقاية من هذا السائل.

ويعتبر غاز الخردل أو ثاني كلوريد ثاني إيثايل الكبريت [كب (ك$_2$ يد$_4$ كل)$_2$] نصراً رائعاً لمكتشفي الغازات السامة. فهو سائل ثقيل زيتي القوام عديم الرائحة تتصاعد أبخرته المميزة من الرذاذ المتساقط على الأرض أو الملابس والأشجار والذي يظل عالقاً بها مدة قد تطول عدة أيام. ويعزى مفعوله القوي إلى قدرته على اختراق جلد الإنسان ثم تفاعله البطيء مع عصارة خلايا الجسم الداخلية مكوناً حامض الكلوريدريك الذي يتلف الأنسجة. وتمنع الأقنعة الواقية وصوله إلى الرئتين إلا أن الوقاية الكاملة منه

تستلزم ارتداء ملابس خاصة واستخدام مراهم تبطل مفعوله.

وقد اعتبر غاز الخردل سيد هذه المركبات كلها من ناحية التأثير. وربما لا يكتشف ما هو أقوى منه باستثناء غاز اكتشف حديثاً يشل الأعصاب.

ويحضر غاز الخردل من الكبريت والكلور والإيثلين الذي ينتج ثانوياً من تكرير البترول أو إزالة جزيئات الماء من الكحول. و تتفاعل هذه المواد على الوجه الآتي.

كب$_2$ + كل$_2$ ← كب$_2$ كل$_2$

كب$_2$ كل$_2$ + 2ك$_2$ يد$_4$ ← كب (ك$_2$ يد$_4$ كل)$_2$

هذا ويذكر التاريخ أنه ألقي في إحدى المعارك ما يزيد على مليون قذيفة مشحونة بغاز الخردل في مدة عشرة أيام.

والغاز الخردل شبيه هو اللويزايت حضر في كاليفلاند من الأستيلين وثالث كلوريد الزرنيخ، إلا أنه لم يستخدم إطلاقاً. وهو سريع التحلل في الهواء الرطب كما تعتبر صناعته من الصناعات الخطرة.

وفي نهاية الحرب العالمية الأولى كانت كل من بريطانيا وألمانيا تنتج ٣٠ طناً من الغازات السامة يومياً، بينما تنتج أمريكا ٢٠٠ طن في مصانع الذخيرة ياد جوود. وكان خوف ألمانيا من هجوم مفاجئ يقوم به الحلفاء بالغازات السامة التي تفوقوا في صناعتها، من العوامل التي أدت إلى تسليم ألمانيا المفاجئ، وبذلك عمل هذا التهديد على إنقاذ أرواح الألوف.

وبعد الحرب العالمية الأولى أعد كبير أطباء الجيش الأمريكي بعض الإحصائيات المذهلة التي ولدت الشك في عقول أعداء الحرب الكيميائية المتعصبين لآرائهم ، وقد أيدت بريطانيا وبعض الدول الأخرى هذه الأرقام بأرقام مشابهة حصلت عليها.

ويستفاد من هذه الإحصائيات أن أسلحة الحرب المتنوعة تسببت في إحداث ٦,٢٦٤,٥٠٧ إصابة في قوات الأمريكان والبريطانيين والألمان. توفي منها

٢,٥٥٢,٩٣١ شخصاً بمعدل ٤٠,٧٪ بينما تسببت الغازات السامة وحدها في ٣٣٠,٣٩٦ إصابة توفي منها ٩٧٦٣ بمعدل ٢,٩٪ فقط. أو بمعنى آخر، إن فرصة الجندي المصاب بالغازات السامة في الحياة تعادل ١٤ مرة فيما لو أصيب بالسونكي أو الرصاص أو شظايا القنابل. إلا أن النقاد عادوا وتعللوا بأن الغازات السامة تترك جروحاً في رئتي المصاب تجعله عرضة للإصابة بمرض السل الرئوي وللرد على ذلك قام كبير أطباء الجيش الأمريكي بدراسة حالة ٣٠٠٠ مصاب بالغازات السامة لعدة سنوات بعد الحرب وقارنهم بحالة ثلاثة آلاف جندي آخرين عاديين ممن لم يتعرضوا للإصابة. وأظهرت نتيجة دراسته أن الإصابة بالسل كانت أقل في الجنود المصابين بالغاز منها في الجنود العاديين.

ومن هذا نرى أنه لكي نحكم حكماً صحيحاً على أثر الغاز السام يجب ألا نبني النتائج على دراسة حالة أو حالتين بل يجب أن تكون دراستنا مستفيضة وتشمل عدداً كبيراً من المصابين.

ويمكننا الاعتراف بأن الغازات السامة أقل هولاً من غيرها من أسلحة الحرب الفتاكة. هذا ويتخيل الكولونيل و . لي. لويس الحرب المثالية بأنها الحرب التي تقتصر على استعمال المواد المخدرة والقيود الحديدية وذلك بإلقاء قذائف متفجرة تنفجر محدثة دوياً هائلاً وتنشر المواد المخدرة في جو المعركة. فيغيب جنود العدو عن وعيهم وتتقدم الجيوش المهاجمة فتكبلهم بالقيود الحديدية ويتحقق بذلك نصر مشرف لا تراق فيه دماء ولا تزهق فيه أرواح. ترى أي الحروب الحديثة ترقى إلى مستوى الحرب الرحيمة التي وصفها الكولونيل لويس؟. إنها حرب الكيمياء بلا شك، تلك الحرب التي نفهمها خطأ و نتهمها ظلماً. ويكفي أنها تصيب الجنود فيرقدون في المستشفيات وأمامهم فرصة للحياة وللشفاء تتراوح من ٩٧_٩٨٪.

ويقف الرأي العام دائماً موقف المعارض من هذه الحرب، ويعتقد أنها حرب جهنمية، كما عارضها أيضاً أحد القواد العسكريين العظام بعد أن بلغ سن التقاعد. إلا أن الغريب في الأمر أنه عندما أجرى استفتاء بين المحاربين القدامى في أمريكا فازت

حرب الغازات السامة بأكثر الأصوات وفضلت على الحروب الأخرى، أو على الأقل لم يطالبوا بتحريمها. وكان واضعو الخطط الحربية القديمة ينظرون لأي سلاح يختلف في جوهره عن الأسلحة التي تعودوا عليها مثل البندقية والسونكي والمدفع على أنه مخالف لقواعد الحرب. وكان سير نايت بايار يعمد إلى قتل الأسرى الذين يثبت أنهم استعملوا البندقية بينما يعامل أولئك الذين يقاتلون بالسيف أو البلطة معاملة رقيقة حسنة. وكان الرومان يعتبرون السيف السلاح الوحيد المشرف. إلا أنه بمثل هذا السلاح الإنساني الرحيم قتلت جيوش هانيبال ٤٨ ألف روماني في يوم واحد.

ومن الأسئلة التي كثيراً ما تخطر على البال، "هل يمكننا تحريم الحرب الكيميائية عن طريق المعاهدات والاتفاقات الدولية؟" من المحتمل أن يكون الجواب سلباً لسببين: أولها أنه عندما يحارب شعب من أجل قضية عادلة وظهره للحائط مواجهاً مصيراً مظلماً، فإنه سيلجأ حتماً إلى كل وسيلة وكل سلاح فعال لكسب هذه الحروب. وثانيهما أن الشعوب أو بمعنى أصح الحكومات المخادعة الغادرة سوف توقع الاتفاقيات لتحريم هذه الأسلحة بينما تنتجها سراً بحيث لا يفتضح أمرها. وربما خطرت للبعض فكرة تحريم إنتاج غاز الكلور الذي يدخل في تحضير كل الغازات السامة تقريباً. إلا أن هذه فكرة عقيمة، وسيترتب على تطبيقها توقف عمليات تنقية مياه الشرب في المدن ما سيؤدي إلى انتشار مرض التيفود مثلاً فتتعرض أرواح الآلاف للهلاك. وسوف يستحيل تبييض الملابس القطنية وتتعطل عدة صناعات كيمائية هامة ترتكز على الكلور، وربما أغرى ذلك البعض بتحضير الكلور سراً بالتحليل الكهربي كما لو كان يقطر الخمور خلسة.

وتشكل الحروب خطراً داهماً على حياة المدنيين. ولذا تسبب مشكلة المحافظة على أرواحهم في الحروب الحديثة التي لا هوادة فيها قلقاً بالغاً. وقبل التهديد بالقنابل الذرية درست أوروبا أصوب الطرق للمحافظة على أرواح المدنيين ضد الهجوم بالغازات السامة. وسارت الولايات المتحدة على نفس المنوال. كما مرنت اليابان الأهالي على طرق الوقاية من الغازات.

و درست بريطانيا إمكانيات إنتاج أقنعة واقية لجميع السكان المدنيين. ورغم

خطورة مشكلة وقاية المدنيين إلا أنها ليست بالدرجة التي يصفها بها الكتاب. فبمجرد اقتراب قاذفات القنابل فما على السكان إلا أن هرعوا إلى الطوابق العليا من مساكنهم ويغلقوا جميع النوافذ والأبواب ويوقفوا أجهزة التهوية ثم ينتظروا حتى تحمل الرياح الغازات والأبخرة السامة بعيداً. وسوف تكون فترة الانتظار هذه قصيرة في حالة الغازات العادية، إلا أنها ستطول بالنسبة لغاز الخردل الذي تتبخر قطراته ببطء. ومن المقترح أن تقوم فرق الإطفاء المقنعة برش الشوارع والأسطح أو يقوم الأهالي أنفسهم برش مواد كيمائية مثل مسحوق إزالة الألوان، ليتفاعل مع غاز الخردل ويحيله إلى مركبات غير ضارة.

ويعتقد القواد العسكريون بأنه من الممكن أن تقوم الطائرات التي تلقي الغازات السامة بإلقاء قنابل متفجرة يسبب انفجارها تحطيم النوافذ الزجاجية فيتسرب الغاز داخل المساكن. وهنا فرصة ذهبية للزجاج غير القابل للتناثر المستعمل في السيارات أو الأنواع الرخيصة من النسيج الشفاف التي تثبت على النوافذ. كما أنه من الممكن أن يرتدي جميع الأهالي أقنعة واقية ضد الغازات. إلا أنه ليس هناك أقنعة واقية من القنابل الذرية لسوء الحظ.

ولعل من الأسباب التي تدعو إلى الطمأنينة ولو بعض الشيء، أنه رغم أن ٢٠ مليجراماً من غاز الخردل إذا وضعت في رئة أي شخص قد تؤدي إلى وفاته، فإن استخدام ٢٠ طناً من هذا الغاز في الحرب تؤدي إلى حالة وفاة واحدة و ٢٩ إصابة فقط. وبعملية حسابية بسيطة يتضح أنه يلزم لتسميم مدينة كنيويورك ١٤ ألف طائرة تحمل كل منها طناً من غاز الفوسجين السام.

ولما كانت الغازات السامة وسيلة فعالة في الدفاع فإن ميلز يقترح أن تحوي المعاهدات والأحلاف التي تنظم مثل هذه الحروب النص التالي: "وتعهد الأطراف المعنية بعدم استخدام أي غاز أو مواد كيميائية بدرجة تركيز مميتة خارج حدود بلادها".

وقد دفعت الحاجة الملحة إلى اكتشاف أقنعة واقية، البحث العلمي إلى العمل

وظلت مصائر البلاد معلقة، بينما عمل الكيميائيون في معاملهم بهمة لا تعرف الكلل وعزيمة جبارة، فتمخضت أبحاثهم عن الفحم فوق المسامى الذي يمتص معظم الغازات السامة من الهواء. ويستعمل هذا الفحم المنشط استعمالاً هاماً في وقت السلم إذ أنه يستخدم في امتصاص ما تزيد قيمته على العشرين مليون جنيه من أبخرة المذيبات الموجودة في هواء المصانع توطئة لتكثيفها.

أما الأقنعة نفسها فيمكن استعمالها في أغراض أخرى، إذ يستعملها العمال عند إصلاح أنابيب النشادر في وحدات التبريد أو في أثناء عمليات إطفاء الحرائق للوقاية من بعض الغازات المتصاعدة ومنها غاز أول أكسيد الكربون و حامض السيانيك وأبخرة ثاني أكسيد النيتروجين الحمراء.

وتستخدم الطائرات في وقت السلم في تعفير الحقول بزرنيخات الجير لإبادة سوس لوز القطن وفي غابات الصنوبر التي يهددها الحفار. ويعتبر التعفير من الجو الوسيلة الوحيدة للدفاع ضد هذه الآفات التي تسبب خسارة سنوية قدرها ٣٠ مليون جنيه لغابات الصنوبر في أوريجون وكاليفورنيا.

ويجب ألا يفوتنا في هذا المقام ذكر فوائد الغازات السامة في وقت السلم. فغاز إيثيل المركبتان ذو الرائحة الكريهة له استعمال هام في زمن السلم وذلك بخلطه بغاز الاستصباح في المدن، وبذلك يمكن معرفة الأماكن التي يتسرب منها الغاز. كما يقاوم حفار الخشب الذي يهدد مراسي السفن الخشبية في الموانئ بتشبيع الأخشاب بمحاليل من مشتقات الغازات السامة، كما تبخر السفن بغاز حامض الهيدروسيانيك مخلوطاً بغاز كلورور السيانوجين ذي الرائحة القوية، فيأخذ البحارة الحيطة الكافية ويبتعدون عن مصدر الرائحة. هذا وقد استنبطت طلاءات سامة لطلاء السفن. تمنع الحلزون البحري من النمو على جوانبها.

وأهم من هذا كله استخدام قنابل الغازات المسيلة للدموع لتفريق المتظاهرين. وقد أدى استخدام مثل هذه الغازات إلى إنقاذ أرواح رجال البوليس عند مطاردتهم المجرمين

الخطرين والمخبولين الذين كثيراً ما تحصنوا واختبئوا في أماكن يطلقون منها النار على رجال الأمن. فيلجأ حماة القانون إلى هذه القنابل المسيلة للدموع يقذفونها من النوافذ فيضطر المجرم إلى التسليم.

وللكلور أشقاء ثلاثة هي الفلور والبروم واليود، وكلها مركبات متشابهة.

والفلور عنصر غازي ليست له فوائد صناعية. ويرجع ذلك إلى شراهته وكونه أنشط العناصر الكيميائية المعروفة. وتعتبر أملاحه المسماة بالفلوريدات من المواد الضرورية لصناعة الألمونيوم. ويستخدم أحد مركباته العضوية البسيطة "الفريون" كغاز مبرد في الثلاجات الكهربية التي نستعملها في المنازل.

أما اليود فهو عنصر صلب لونه أسود مائل إلى البنفسجي، ويستخلص من الأعشاب البحرية والملاحات وملح بارود شيلي. ولليود أهمية خاصة بالنسبة للإنسان، إذ أن أي تغيير في كمية الأيودوثيروكسين الذي تفرزه الغدة الدرقية يسبب نوعاً من مرض الجويتر أو آخر غيره. ويجب أن يحتوي جسم الإنسان على نحو ٢٥ مليجراماً من اليود المتحد. ويحصل الجسم على كل هذه الكمية عن طريق ماء الشرب والأغذية وخاصة الخضروات. ولما كانت معظم كمية يودور الصوديوم الموجودة في التربة قد غسلتها مياه الأمطار وجرفتها إلى الأنهار والجداول، فإننا نجد مناطق بأسرها في كل مكان من أمريكا و سويسرا يتفشى فيها مرض الجويتر. وقد عمدت سويسرا إلى تغذية تلاميذ المدارس بكميات ضئيلة مناسبة من يودور الصوديوم، و بذلك قل الجويتر في البلاد. هذا ويبيع معظم البدالين في أمريكا ملح طعام محتو على نسبة ضئيلة جداً وغير ضارة من اليود لهذا الغرض.

وتحمل الرياح رذاذ ماء البحر المالح من المحيط إلى الأماكن الداخلة، وبذلك تزود المياه و النبات باليود. وتشتهر كارولينا الجنوبية بمنتجاتها من الفاصوليا الخضراء وغيرها من الخضروات التي تحتوي على نسبة عالية من اليود.

وبالرغم من وفرة اليود الذي ينتج في شيلي كناتج ثانوي من أملاح النترات، فإن

منتجيه احتكروا إنتاجه وتحكموا في سعره حتى بلغ ثمن الرطل منه جنيهاً ونصف جنيه. ثم قدر لجماعة من الأمريكيين أن يستخلصوه من الملاحات الموجودة في آبار الزيوت بكاليفورنيا فانخفضت أسعاره إلى أقل من النصف. إلا أن شيلي عادت فخفضت سعره إلى أقل من سعر اليود الأمريكي، واستمر التخفيض حتى وصل إلى ٢٠ قرشاً للرطل في عام ١٩٣٦.

والبروم سائل أحمر مدخن يحضر من الشوائب الموجودة في رواسب البحر. ويدخل في تركيب العقاقير المهدئة للأعصاب كما تستعمل أملاحه في عمليات التصوير الشمسي والسينما.

ويستخدم برومور الإيثلين "ك$_2$ يد$_4$ بر$_2$" بالاشتراك مع رباعي إيثايل الرصاص "(ك$_2$ يد$_5$)$_4$ ر" في الوقود المسمى "غاز الإيثايل" المستعمل في السيارات. و بإضافة 2سم^3 من برومور الإيثلين إلى كل جالون من الجازولين فإن هذه النسبة الضئيلة من البروم تعمل على تحويل الرصاص المنفصل عند الاحتراق إلى برومور الرصاص "ر بر$_2$" وبذلك يتخلص من الرصاص و يمكن إبعاده عن شمعات الاحتراق في المحرك.

وقد أدى ذيوع استعمال "غاز الإيثايل" إلى إقامة عدة منشئات صناعية في تكساس و شمالي كارولينا لاستخلاص البروم من ماء البحر. وتتلخص العملية في معالجة ما يزيد على ٧٠٠ مليون جالون من ماء البحر يومياً بالكلور وبعض الحامض فينفصل البروم. ولما كان الميل المكعب من ماء البحر يحتوي على ٦٠٠ ألف رطل من البروم، فليس هناك أدنى شك في احتمال نفاذ المواد الأولية. وقد وصل إنتاج الولايات المتحدة من البروم ٩٠٠ ألف طن في عام ١٩٥٦.

الفصل العاشر

الكبريت

وضع أسلافنا القدماء الكبريت في المقام الذي اعتقدوا أنه يناسبه. أما الكيميائيون العصريون فقد اعتبروه حجر الزاوية في معظم الصناعات الكيمائية.

وقد عرف الكبريت منذ قديم الزمان نظراً لوجود خاماته ورواسبه بوفرة في المناطق البركانية حول حوض البحر الأبيض المتوسط، ولم يكن القدماء يجهلون حقيقة قابليته للاشتعال. وكانت صقلية تمتلك أغنى مناجم الكبريت في العالم القديم، إلا أن مناجم لويزيانا وتكساس تفوقت حالياً من حيث الإنتاج. وبجانب الكبريت العنصري توجد كميات كبيرة منه متحدة كيميائياً مع الحديد "ذهب الأغبياء" والنحاس والزنك والرصاص "جالينا" والموليبدنيوم. كما أن هناك رواسب طبيعية للكبريتات مثل كبريتات الكالسيوم "كا كب أ$_4$" المعروف بالجبس وكبريتات الباريوم "با كب أ$_4$" والمغنيسوم "مغ كب أ$_4$" المعروف بملح إيبسوم.

وهناك قول شائع وهو "لولا الكبريت ما كانت هناك عضلات" أو بمعنى آخر يتركب البروتين الذي يكون العضلات من النيتروجين والأيدروجين والأكسوجين والكبريت متحدة اتحاداً تاماً. وللتأكد من ذلك نرى أن البيض الفاسد له رائحة كبريتيد الأيدروجين "يد$_2$ كب" الكريهة التي ترجع إلى تحلل جزيئات البروتين المعقدة.

وقد احتكرت صقلية أسواق الكبريت في وقت من الأوقات وبلغ إنتاجها نصف مليون طن في عام ١٩٠٥. ثم حدث أن شغف هيرمان فراش بكليفلاند بدراسة خواص الكبريت، واستحوذ على تفكيره بصفة خاصة درجة انصهار الكبريت المنخفضة "١١٤,٥°م"، فخطرت له فكرة صائبة وهي حفر بئر يتراوح عمقها ما بين ٥٠٠ و

١٠٠٠ قدم في باطن رواسب الكبريت الهائلة بلويزيانا. ثم دفع الماء في هذه البئر في درجة ١٧٠ مئوية تحت ضغط مرتفع رفع درجة غليانه مع استمراره سائلاً. ولكن باءت هذه التجربة بالفشل.

وكان للمهندسين رأي آخر، فقد حكموا على الفكرة بأنها حسنة إلا أنه يصعب تحقيقها عملياً، وبعد تفكير عميق اكتشف فراش أن عدم خروج الكبريت راجع لكونه أثقل من الماء، وسرعان ما خطرت له فكرة عمد إلى تنفيذها في الحال. وتتلخص هذه الفكرة في دفع كميات كبيرة من الهواء الساخن في البئر فينتفخ الكبريت المنصهر ويكون رغوة مليئة بالفقاقيع، وبذلك يصبح أخف من الماء فيطفو إلى الخارج من الأنبوبة المعدة لذلك.

وقد كان هذا النجاح يعني أكثر من جزاء عادل لشخص مثابر مثل فراش ولأولئك الذين مولوه، كما كان يعني الكثير بالنسبة لأمريكا وبريطانيا.

ففي أوائل الحرب العالمية الأولى كانت بريطانيا تحث أمريكا على إنتاج المزيد من الذخائر في أقصر وقت ممكن. وكان ذلك يعني المزيد من إنتاج حامض الكبريتيك اللازم لصناعة المفرقعات والذي كان يحضر من بايرايت الحديد المستورد من أسبانيا، ولما كانت السفن مشغولة بحمل الجنود فقد

طلب من المهندسين تصميم أفران خاصة لحرق الكبريت النقي بدلاً من البايرايت للحصول على ثاني أكسيد الكبريت اللازم لصناعة حامض الكبريتيك. وقد تحقق ذلك بنجاح وزاد إنتاج الكبريت في لويزيانا إلى مليون طن ثم إلى مليونين. ورغم انتهاء الحرب ومطالبها، فإن أكثر من نصف حامض الكبريتيك الذي تنتجه أمريكا ما زال يحضر من الكبريت المحلي نظراً لارتفاع درجة نقاوته التي تصل إلى ٩٩,٥٪.

وعلى الرغم من وفرة الأيدي العاملة في صقلية ورخصها، فإن هذه الجزيرة قد أرغمت على تخفيض إنتاجها من الكبريت وتخفيض أسعاره بعد التوسع الهائل في إنتاجه في أمريكا.

والكبريت مادة أولية رخيصة يسهل تشوينها في العراء دون أن تفسد أو تفقد خواصها، كما يمكن إنتاجه بكميات هائلة على درجة كبيرة من النقاوة ويعتبر ثروة قومية هامة. وكلما كان الكبريت الخام نقياً كان ثاني أكسيد الكبريت الناتج عن حرقه على درجة كبيرة من النقاء تسمح باستعماله في تليين ألياف الخشب اللازمة لصناعة الورق، ويتركب البارود الأسود القديم _الذي كان في وقت من الأوقات المادة الكيميائية المفرقعة الوحيدة_ من مخلوط من الكبريت والفحم وملح البارود.

هذا ويستخدم المزارعون وزراع الفاكهة الكبريت _إما وحده و إما مخلوط بالجير_ في رش وتعفير أشجار الفاكهة لمقاومة حشرة المن و الفطريات التي تصيب أشجار الفاكهة. كما يدخل الكبريت في صناعة الثقاب وبعض الأنواع الجيدة من الصبغة السوداء التي تحوي مركبات الكبريت. ولولا الكبريت ما قامت صناعة المطاط ولأضحت السيارة مجرد حلم، فالمطاط النقي لزج في الجو الحار وهش في الجو البارد، وقد تمكن ماكنتوش من صنع معطف المطر "ماكنتوش" بأن دهن أحد وجهي القماش بالمطاط اللزج ثم لصقه بنوع آخر من القماش.

ومن المصادفات الحسنة التي كان لها أطيب الأثر في حياتنا، أنه بينما كان شارلز جوديير الأمريكي يلهو بتسخين بعض المطاط والكبريت في فرن المطبخ تصلب المطاط. و بذلك قدر لها في عام ١٨٣٩ أن يقوم باكتشاف كان له دور خطير فيما بعد في تهديد انتعاش السكك الحديدية، كما ربط المزارع بالمدن وأحدث ثورة كاملة في حياتنا الحديثة.

هذا ولم تكن أمريكا مرتاحة البال لاعتمادها على بريطانيا وجزر الهند الشرقية الهولندية فيما تحتاج إليه من مطاط، فقد كانت تملك الكبريت ولكنها ترغب في التأكد من وفرة المادتين.

ولما كانت الولايات المتحدة تستورد ٦٠ ألف طن سنوياً من المطاط الخام "نصف إنتاج العالم تقريباً" فقد حاول الهولنديون والبريطانيون رفع أسعاره فوق الحد المناسب

وهو خمسة قروش للرطل. وكانت النتيجة أن أقامت أمريكا عدة صناعات لاسترداد المطاط المستعمل، كما أجرت دراسات مستفيضة على النباتات التي تفرز المطاط. واكتشفت النيوبرين أيضاً و هو مادة لينة مطاطة تختلف كيميائياً عن المطاط الطبيعي وتكاليف إنتاجها أكبر، إلا أنه أمكن استخدامها بنجاح تام في صناعة الإطارات عند الضرورة.

و تقوم بعض الشركات الأمريكية حالياً بإنتاج أنواع مختلفة من المطاط الصناعي وبكميات وفيرة. ويحتمل أن تزيد هذه الشركات من قدرة وسرعة الإنتاج في المستقبل القريب، كما ينتظر أن تتخلص الولايات المتحدة نهائياً من اعتمادها على جزر الهند الشرقية فيها تحتاج إليه من مطاط طبيعي وذلك بفضل ما لديها من مواد أولية ضرورية لصناعة المطاط.

وتعتمد صناعة مطاط النيوبرين على مادة الأستيلين التي تحضر من الفحم والجير والماء. وترجع صفات المطاط الطبيعي الهامة إلى وجود سلاسل طويلة من وحدات الايزوبيرين متصلة ببعضها البعض من نهايتها. وقياساً على ذلك أمكن تأليف سلاسل مرنة من وحدات البوتادايين "الناتج عن تكرير البترول" بواسطة عملية البلمرة. وبهذه الطريقة أمكن صناعة إطارات من بعض أنواع المطاط الصناعي لا تقل جودة عن الإطارات الحالية.

ويعتبر الكيميائي الناجح فيلسوفاً متفائلاًً إذ أنه يؤمن أن من الممكن تحويل أتفه الأشياء إلى أشياء نافعة. فهناك مثلاً رائحة البيض الفاسد التي يعافها الناس والتي تتسبب عن غاز كبريتيد الأيدروجين "يد$_2$ كب" إلا أن الكيميائي يلذ له أن يحضر كميات من هذه المادة من مصادر أخرى ويستخدمها في عمليات التحليل الكيميائي. وبإمرار هذه المادة في المحاليل المائية للمعادن المختلفة تترسب كبريتيدات هذه المعادن التي تتباين في ألوانها ما بين البرتقالي والأصفر والأبيض والأسود، و بذلك يمكن التفرقة بين مختلف المعادن نتيجة لتفاعل بسيط نعطي له مثلاً تفاعل هذا الغاز مع كلوريد النحاس:

نح كل$_2$ + يد$_2$ كب ← 2يد كل + نح كب "**كبريتيد النحاس الأسود**".

وهناك غاز ثاني أكسيد الكبريت الخانق "كب أ$_2$" الذي يعتبر عاملاً هاماً في توفير أسباب الراحة المنزلية باستخدامه في أجهزة تبريد الثلاجات الكهربية ويرجع ذلك إلى سهولة إسالته بواسطة مضخة كهربية. ويؤدي ذلك إلى ارتفاع درجة حرارة الغاز. وهنا نتساءل كيف يمكن إذاً استخدامه في عمليات التبريد؟. والجواب عن ذلك يأتي عن طريق بعض الصمامات التي تفتح تلقائياً للسماح للغاز المسال المضغوط بالتبخر، فيتمدد محتاجاً إلى كمية من الحرارة يمتصها من الأجسام المحيطة به فتنخفض درجة حرارتها و تبرد. ويفضل غاز النشادر على غاز ثاني أكسيد الكبريت في وحدات التبريد الكبيرة. كما يستعمل غاز ثاني أكسيد الكبريت في عمليات تبييض الأقمشة

نظراً لرخص أسعاره، ويعتبر حامض الكبريتك "يد$_2$ كب أ$_4$" سيد الأحماض كلها ما في ذلك شك. إذ يستخدم بكثرة في عمليات التبييض وتكرير البترول و تحويل صخر الفوسفات غير القابل للذوبان إلى سماد السوبر فوسفات.

ومنذ خمسين عاماً كان الحامض يحضر في مجموعات من الغرف الرصاصية تسع كل منها ١٥٠ ألف قدم مكعب لخلط الغازات التي تدخل في صناعته. وتبدأ العملية بحرق الكبريت أو كبريتيدات المعادن في تيار قوي من الماء.

كب + أ$_2$ ← كب أ$_2$

ثم يتحد الأكسجين الزائد في الهواء مع ثاني أكسيد الكبريت ليكونا ثالث أكسيد الكبريت كما في التفاعل:

2كب أ$_2$ + أ$_2$ ← 2كب أ$_3$ **ثالث أكسيد الكبريت.**

وأخيراً يتحد بخار الماء مع ثالث أكسيد الكبريت ليكونا حامض الكبريتيك.

يد$_2$ أ + كب أ$_3$ ← يد$_2$ كب أ$_4$ **حامض كبريتيك.**

وتبدو سلسلة هذه التفاعلات بسيطة، إلا أنها لا تتم إلا في وجود غاز أكسيد النيتريك "ن أ" الذي يعمل على امتصاص أكسيد الهواء مكوناً ثاني أكسيد النيتروجين "ن أ$_2$"

2ن أ + أ$_2$ ← 2ن أ$_2$

ويقوم ثاني أكسيد النيتروجين بدوره بتسليم نصف ما يحتويه من الأكسجين إلى ثاني أكسيد الكبريت الذي لا يمكنه الحصول على الأكسجين من الهواء مباشرة.

كب أ$_2$ + ن أ$_2$ ← ن أ + كب أ$_3$

ويختزل فوق أكسيد النيتريك إلى أكسيد النيتريك ثانية وتتكرر هذه العملية باستمرار. أو بمعنى اصح يقوم أكسيد النيتريك بوظيفة العامل المساعد.

وقد أمكن التوصل إلى طريقة أخرى لإتمام هذا التفاعل بسرعة فائقة وهي تسمى "طريقة الملامسة". وتتلخص هذه الطريقة في دفع مخلوط مكون من ٩٣٪ هواء، ٧٪ ثاني أكسيد الكبريت في طبقة مخلخلة من مسحوق البلاتين المحمل على الأسبستوس أو أي مادة مسامية أخرى مع حفظ درجة الحرارة ثابتة حول ٤٠٠° مئوية. فإذا زادت درجة الحرارة يتحلل الناتج وإذا نقصت أبطأ التفاعل. وتختلف هذه الطريقة عن سابقتها في أن العامل المساعد هنا جسم صلب وليس بغاز.

2كب أ$_2$ + أ$_2$ ← 2كب أ$_3$

ويتم التفاعل بسرعة فائقة ويتكون ثالث أكسيد الكبريت الذي يتحول إلى حامض كبريتيك باتحاده مع الماء. ويحل الفانديوم المنشط حالياً محل البلاتين كعامل مساعد.

أنواع المطاط الصناعي الجديد

كان من نتائج الحرب أن فقدت أمريكا ٩٧٪ من المطاط الطبيعي الذي تحتاج إليه، وذلك بسبب استيلاء اليابان على جزر الهند الشرقية البريطانية والهولندية؛ ولذلك أولت صناعة المطاط عناية فائقة.

ويتكون المطاط الطبيعي من جزيئات متصلة ببعضها البعض من وحدات الأيزوبيرين "ك$_5$ يد$_8$ " فتكون سلاسل مرنة طويلة. هذا وقد عمد الكيميائيون إلى تقليد حيل الطبيعة وذلك بربط جزيئات البوتادايين مع جزيئات الأستيرين لتكون "ج – ر س" ذلك المطاط الصناعي الذي صنعت منه الإطارات عام **١٩٥٦**. وتسمى عملية تأليف جزيئات كبيرة من أخرى صغيرة لتكون سلاسل طويلة بعملية البلمرة.

ويحضر البوتادايين من بعض منتجات البترول أو من الكحول، وهذا هو السبب في المنافسة والصراع الدائرين بين المزرعة وشركات البترول. وبمرور عام **١٩٥٧** كانت أمريكا قد أنتجت ما يزيد على ستة أنواع من المطاط الصناعي بمعدل **١,٢٠٠,٠٠٠** طن سنوياً لتفي باحتياجاتها المدنية والعسكرية. ويمتاز المطاط الصناعي بقدرته الفائقة على مقاومة الزيوت.

بعض أنواع المطاط الصناعي

الاسم	الوحدة التي يتكون منها
مطاط طبيعي	ك يد$_2$ = ك (ك يد$_3$) – ك يد = كيد$_2$ **إيزوبيرين**
نيوبرين	ك يد$_2$ = ك كل – ك يد = كيد$_2$ **كلوروبيرين**
ج – ر س	ك يد$_2$ = ك يد – ك يد = كيد$_2$ **بوتادايين+ستيرين**
برنا ن	بوتادايين + كيد$_2$ = ك يد – ك ن **"سيانور الفاينايل"**

الفصل الحادي عشر

الخطة العظمى

بدأت منذ أكثر من قرن محاولات الكيمائيين لإيجاد علاقة بين خواص العناصر وأوزانها الذرية. إلا أن عدم الدقة في تعيين الأوزان الذرية جعل التقدم في هذا الشأن أمراً صعباً. ففي عام ١٨٢٩ فكر "دوبرينر"، في أنه يبدو عجيباً أن يكون الوزن الذري للبروم "٧٩,٩" عبارة عن متوسط الأوزان الذرية لكل من الكلور "٣٥,٥" واليود "١٢٦,٩" خاصة وأن هذه العناصر الثلاثة تتشابه في كثير من خواصها. وقد وجد هذه العلاقة أيضاً في المجموعة الثلاثية وهي الكبريت والسيلينيوم والتيلوريوم التي تتشابه كيميائياً. وكذلك في ثلاثية أخرى وهي الكالسيوم والاسترنشيوم والباريوم.

ورغم أن ثلاثيات دبروينر كانت غامضة وغير مفهومة فقد نبهت الأذهان وأدت إلى إعلان نيولاند في إنجلترا بعد ثلاثة وأربعين عاماً عن ثمانياته التي توضح "أنه إذا رتبت العناصر تبعاً لزيادة أوزانها الذرية فإن العنصر الثامن يتشابه في خواصه مع العنصر الأول". وكانت ثمانيات نيولاند أساساً لفكرة عظيمة ولكن نيولاند توقف بسرعة. ورغم أنه كان موضعاً اللسخرية في ذاك الوقت فقد كان موضع التقدير بعد واحد وعشرين عاماً حينما تسلم ميدالية دافي من الجمعية الملكية مكافأة له على أفكاره.

ثم جاء بعد ذلك مندليف و مايركل على حدة وقدما تعبيراً أكثر دقة وشمولاً للعلاقة التي أظهرها نيولاند بصورة غير واضحة، فقد رتبا العناصر المعروفة حتى عام ١٨٦٩ حسب التصاعد في أوزانها الذرية في دورات أفقية تحتوي كل دورة على سبعة عناصر مع وضع الأيدروجين في دورة خاصة. وقد كان مدهشاً أن يتضح التشابه بين كل مجموعة من العناصر في الصفوف الرأسية. فمثلاً الليثيوم والصوديوم والبوتاسيوم والسيزيوم والروبيديوم في المجموعة الأولى جميعها معادن خفيفة نسبياً، تتفاعل بشدة مع

الماء لتعطي غاز الأيدروجين وقواعد قوية "قلويات" مثل إيدروكسيد الصوديوم أو إيدروكسيد البوتاسيوم. ولم يكن حدثاً غريباً أن وجدت عناصر الباريوم و الكالسيوم والاسترنشيوم مع بعضها في المجموعة الثانية. وكل من هذه العناصر معادن تتفاعل باعتدال مع الماء البارد لتكون الأيدروجين وقواعد معتدلة القوة نسبياً. أما عناصر الفلور والكلور والبروم واليود التي تقع في المجموعة السابعة فبينها تشابه كبير حتى أنه أطلق عليها أسرة الهالوجينات.

ولا يوجد الانسجام في كل المجموعات، ففي بعض الحالات نجد أنه يجب أن تقسم المجموعة إلى قسمين أ ، ب وذلك حتى يتكامل الترتيب. وقد كشف "مندليف" عن عبقريته الخارقة عند ما ترك أحياناً بعض الأماكن الخالية لكي يتمكن من وضع العنصر التالي في مكان يتفق و خواصه الكيميائية والطبيعية. وبعمله هذا كان متأكداً أن هذه الفجوات التي تركها خالية ستشغل بعناصر سوف تكتشف فيما بعد.

وقد حدث ما توقع. إذ عاش مندليف حتى رأى ثلاثة من العناصر تضاف إلى جدوله الدوري، وكانت أوزان وكثافات هذه العناصر وخواصها الأخرى قريبة جداً إلى ما توقعه لها.

قد فاتنا أن نذكر أن ذارت العناصر في المجموعة الأولى يمكنها التفاعل مع ذرة واحدة من الكلور "أي أنها أحادية التكافؤ". و تتحد ذرات عناصر المجموعة الثانية مع ذرتين من الكلور، وفي المجموعة الثالثة مع ثلاث ذرات من الكلور، وفي الرابعة مع أربع وهكذا. ويلاحظ أيضاً أن العناصر التي تقع على اليسار في الجدول تكون قواعد قوية "قلويات"، والعناصر التي تقع في أقصى اليمين تكون أحماضاً قوية، أما العناصر التي تقع في الوسط فتكون قواعد أو أحماضاً ضعيفة .

وربما تساءل القارئ عن المجموعة "صفر". وهذه المجموعة لم تكن من أعمال مندليف، لأن الهليوم والأرجون...الخ لم تكن معروفة في ذاك الوقت حتى تشغل تفكيره. وكان سير ويليام رامزي هو الذي أوجد هذه المشكلة، ولكنه تمكن من التغلب عليها

ببراعة. فقد اكتشف غاز الأرجون عام ١٨٩٥ و ساعد لورد ريلي على اكتشاف غاز الهليوم. ولذلك أدخل رامزي المجموعة "صفر" حتى يتمكن من وضع العناصر حسب ترتيب أوزانها الذرية. وكان إدخال المجموعة "صفر" سبباً في جعل كل دورة تحتوي على ثمانية عناصر بدلاً من سبعة. كما تسببت أيضاً في إيجاد بعض مجموعات طويلة تحتوي الواحدة منها على خمسة عشر عنصراً. ولقد كانت تسمية مجموعة الصفر متفقة تماماً مع تكافؤ عناصر هذه المجموعة، إذ أن قدرة هذه العناصر على الاتحاد تساوي صفراً. فالهليوم والأرجون عنصران خاملان لدرجة أنهما لا يتحدان مع أي من ذرات العناصر الأخرى.

ومن الجلي أن رامزي كان يتمتع بخيال خصب بجانب مواهبه الأخرى. فقد لاحظ بنظره الثاقب فجوات جديدة في الجدول الدوري _فجوات في مجموعة الصفر التي أدخلها بنفسه، ولكنه عمل بجد و تمكن من إيجاد الصلات المفقودة باكتشافه للأرجون في الهواء السائل. و بذلك حصل على عناصر النيون و الكريبتون والزيتون وهكذا لحق بموكب الكيميائيين الخالدين.

وهكذا نرى أن خطة مندليف العظمي أدت إلى اكتشاف عناصر جديدة، كما ساعدت على بيان خطأ بعض الأوزان الذرية للعناصر، ورتبت الحقائق ودفعت البحث العلمي إلى الأمام.

ولا بد أنك لاحظت أنه بترتيب العناصر تبعاً للزيادة في أوزانها الذرية، كان يجب وضع الأرجون في المجموعة الأولى والبوتاسيوم في المجموعة صفر. إلا أنه لو اتبع ذلك لبعد البوتاسيوم النشط عن موطنه ووضع مع غازي الهليوم والنيون الخاملين وأنفصل غاز الأرجون عن زميليه الخاملين.

كما تبادل التيليريوم واليود وضعيهما بالنسبة لأوزانهما الذرية لإمكان وضعهما كل وسط المجموعة الخاصة به.

وفي عام ١٩١٤ أمكن التغلب على العيبين السابقين حينما كشف موسلي "عالم

الطبيعة الانجليزي" النظام الأساسي للأوزان الذرية، وتمكن من قياس أطوال موجات الأشعة السينية المنبعثة من المعادن المختلفة. و بالرغم من أن هذه الأشعة كانت تتفرق عند مرورها خلال جسم بلوري إلى حزم تختلف أطوال موجاتها _وهي شبيهة بالطيف المنبعث من الشمس ولكنها غير مرئية_ فقد تمكن موسلي من استقبال هذه الأشعة على سطح فوتوغرافي واستطاع أن يقدر أطوال الموجات المنبعثة من النحاس والذهب والحديد.. الخ. وقد كان موسلي بارعاً حقاً في إيجاد علاقة حسابية بسيطة بين أطوال الموجات كما أنه أوضح هذه العلاقة فيها سماه بالأعداد الذرية. وكانت كلها عبارة عن أرقام صحيحة تبدأ بالعدد "١" وهو العدد الذري للأيدروجين. وقد ظهر أن هذه الأعداد الذرية تتفق مع عدد البروتونات "الشحنات الموجبة" داخل نواة كل ذرة. فمثلاً العدد الذري للبوتاسيوم وهو "١٩" لا يوضح فقط أن البوتاسيوم يأتي ترتيبه التاسع عشر في الجدول الدوري، بل يوضح أيضاً أن نواة البوتاسيوم تحتوي على تسعة عشر بروتوناً. وعلى هذا الوضع تظهر صحة وضع كل من الأرجون والبوتاسيوم في الجدول، كذلك بالنسبة لليود والتيليريوم. وبذلك أصبحت القاعدة "أن الخواص الكيميائية للعناصر ما هي إلا صفات دورية تتمشى مع أعدادها الذرية".

وقد اكتشفت ستة عناصر جديدة في فترة تبلغ ثلاثة عشر عاماً. فاكتشف الهافنيوم ذو العدد الذري "٧٢" عام ١٩١٣ بواسطة كوستروهيفرس. أما العناصر ذات الأعداد الذرية "٤٣"، "٧٥" فقد أمكن فصلها عامي ١٩٢٥، ١٩٢٦ في جامعة برلين بواسطة: "نوداك" وسميا ماسوريوم ورينيوم. |

واكتشف هوبكن الأمريكي عام ١٩٢٦ عنصر الألينيوم، وقد تبين له من جدول الأعداد الذرية لموسلي أن العنصر المفقود ذا العدد الذري "٦١" لابد أن يكون شبيهاً بتلك العناصر في مجموعته الغريبة التي تعرف" بالأرضيات النادرة" والتي توجد في رمال المونازيت، كما تنبأ بإمكان وضع هذا العنصر ما بين النيوديميوم والسماريوم، وبحث عنه في بلورات أملاحهما حتى وجده بدراسة خطوط الطيف.

ثم أعلن "بابشن" بجامعة كورنيل اكتشافه للعنصر رقم "٨٧" بواسطة طيف الأشعة

السينية، وفي نفس الوقت اكتشفه أليسون وموري باستخدام جهاز بسيط كان قد صممه فاراداي من قبل ولكنه لم يستعمله في الكشف عن العناصر.

ومن المعروف أن اتجاه الحزم الضوئية المتجمعة ينحرف إذا مرت خلال مادة شفافة موضوعة بين قطبي مغناطيس قوي. وعندما يمرر تيار كهربي خلال المغنطيس يتأخر الانحراف بقدر ما يوازي جزءاً من بليون جزء في الثانية. وبما أن هذا التأخير في الانحراف يختلف من عنصر لآخر، فقد أمكن استخدام جهاز فاراداي في الكشف عن الآثار الضئيلة من المواد. وبذلك تمكن أليسون وزميلاه من اكتشاف العنصر رقم "٨٧" الشبيه بالصوديوم والبوتاسيوم وكذلك العنصر رقم "٨٥" الشبيه باليود. وقد كانت طريقتهما غاية في الدقة إلى حد أنه أمكنهما الكشف عن العنصر رقم "٨٥" في مصدر يحتوي على آثار قليلة جداً منه "حوالي جزء من بلون جزء". وكما هو متبع في البحوث العلمية فإن الكشف عن العنصرين "٨٧"، "٨٥" أعيد تأكيده بواسطة باحثين آخرين.

ورغم أن عدد ما يوجد في الطبيعة من العناصر هو اثنان وتسعون فقط، فإن جهود العلماء التي بذلت لتحطم نواة بعض ذرات معينة، وبناء أخرى وتحويلها إلى نواة ثقيلة أدى إلى إيجاد تسعة عناصر جديدة كلها "باستثناء واحد منها" أثقل وزناً من عنصر اليورانيوم.

وهكذا أضيف إلى القائمة القيمة هذه العناصر التسعة المدهشة التي يلعب اثنان منها دوراً هاماً في ميدان الطاقة الذرية.

اسم العنصر	العدد الذري	الرمز	الوزن الذري
نيتونيوم	٩٣	نب	٢٣٧
بلوتونيوم	٩٤	بل	٢٤٢
أمريسيوم	٩٥	أم	٢٤٣
كيوريوم	٩٦	كم	٢٤٥

بيركيليوم	٩٧	بك	٢٤٧
كليفورنيوم	٩٨	كف	٢٤٩
أينشتينموم	٩٩	نش	٢٥٤
فيرميوم	١٠٠	فم	٢٥٥
منديليفيوم	١٠١	مف	٢٥٦

الفصل الثاني عشر

اليورانيوم

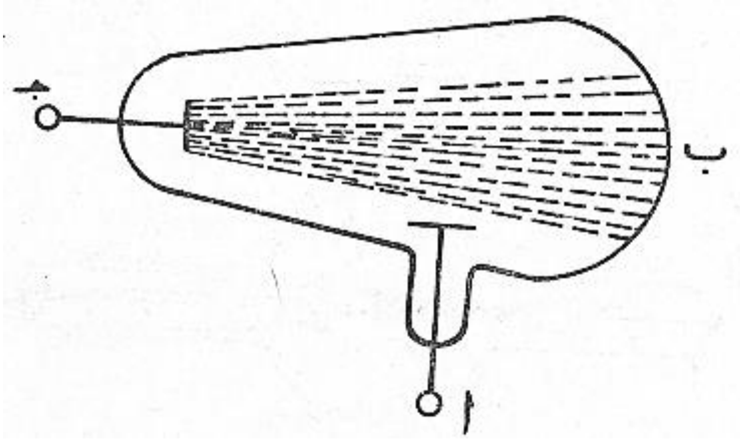
لو أن "إدجار ألن بو" كان ذا تفكير علمي لكتب عن الدور الخطير الذي قام به أثقل العناصر وهو اليورانيوم في حياة البشرية، بدلاً من كتابته عن سقوط منزل آشر. ولكن "بو" لم تكن لديه فرصة الاختيار. إذ أن العالم وقتئذ لم يكن يتصور أو يحلم بالمستقبل الباهر لمادة اليورانيوم، إلى أن أدى اشتغال "كروكس" بأنبوبة التفريغ الكهربية عام ١٨٧٨ إلى اكتشاف الأشعة السينية على يد "رونتجن" عام ١٨٩٥ ، وساعد هذا بدوره مدام كوري على اكتشافها لمادة الراديوم عام ١٨٩٨.

وإنه لمن المدهش أن ترتبط الأحداث في تاريخ العلم بهذه الصورة الرائعة، فبدون الأساس الذي وضعه كروكس لما وجدت الأشعة السينية، ولما عرف نظام الأعداد الذرية للعناصر، ولما كانت هناك معرفة بالتركيب الداخلي للذرة، ولما وجد الراديوم و عرف أثره في شفاء المرضى، ولما كان هذا التقدم في الجراحة نتيجة استعمال الأشعة السينية التي تكشف عن الأجزاء الداخلية في جسم

الإنسان، ولما كان هناك الراديو أو ذلك الانتصار العظيم باكتشاف التليفزيون، ولكانت معرفتنا بتركيب المواد الصلبة وتجمعات الذرات بها غير كافية.

ونظراً للأهمية الكبرى لاكتشاف أنابيب التفريغ الكهربية، تجدر الإشارة إلى معرفة تركيبها وطريقة عملها. لقد قام سير ويليام كروكس بإمرار تيار كهربي ذي جهد عال في الأنبوبة "المبينة في الشكل" عن طريق السلك "أ" "القطب الموجب". ويخرج التيار من سلك آخر "ج" "القطب السالب"، وتساعد خلخلة الغاز داخل الأنبوبة على إجادة توصيله للكهرباء. وقد شاهد كروكس و هجاً أصفر مخضراً في الاتجاه المضاد للمهبط،

كان سببه انبعاث أشعة غريبة لم تكن مجرد أشعة ضوئية عادية، إذ تبين أنها تنحرف عن مسارها بفعل المغناطيس. وعند هذا الحد سلم كروكس هذه المهمة إلى السير طومسون عالم الطبيعة النابغ في جامعة كمبردج، وهو الذي قرر أن لديه البراهين العملية



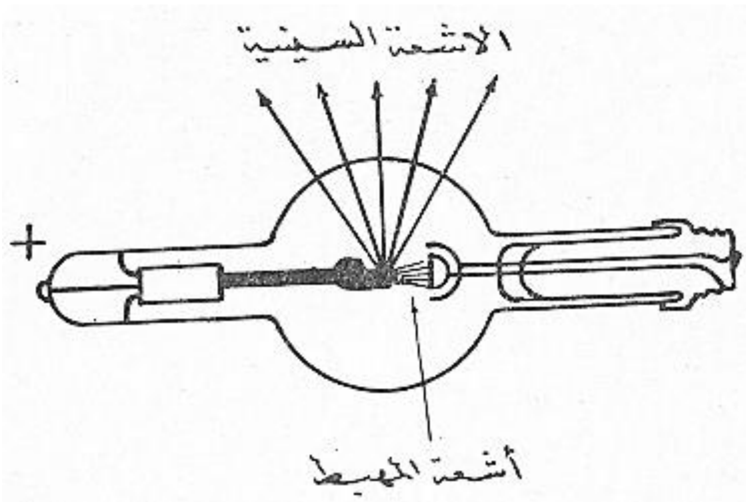
"أشعة المهبط"

الكافية التي تثبت أن أشعة المهبط عبارة عن حزم من جسيمات طيارة ذات شحنة سالبة. وأن هذه الجسيمات ذات وزن محسوس لأنها تعمل على تسخين قطعة من المعدن إذا وضعت في مسارها.

وكان الاستنتاج الذي توصل إليه طومسون هو أن هذه الجسيمات "الالكترونات" لابد وأن تكون من مكونات كل مادة لأنها لم تتغير، سواء اختلف نوع الغاز في الأنبوبة أو اختلف نوع المادة المصنوعة منها الأنبوبة. وهكذا اكتشف أحد الأجزاء المكونة للذرة وهي الالكترونات. وكانت نهاية المطاف أن تمكن طومسون من تقدير وزن الإلكترون.

وفي عام ١٨٩٥ توصل "رونتجن" عالم الفيزياء النمساوي من اكتشاف الأشعة السينية عن طريق المصادفة. فقد حدث أن ترك رونتجن أحد الألواح الفوتوغرافية

مغطى بالورق الأسود بجانب أنبوبة كروكس. وحدث أن حمض هذا اللوح الفوتوغرافي مع ألواح أخرى. وكانت الصورة التي سجلت علية عبارة عما يشبه مجموعة من المفاتيح أو الكتل المعدنية. وقد أثبت ذلك أن هذه الأشعة المنبعثة من أنبوبة كروكس كان لها قوة نفاذ خلال الورق الأسود. ومن الطبيعي أن يكرر رونتجن التجربة، وبذلك تم اكتشاف تلك الأشعة النفاذة التي سميت بالأشعة السينية



"أنبوبة الأشعة السينية"

وقد توصل خيال العالم الفرنسي بيكريل إلى أن يربط بين الوهج المنبعث من نهاية أنبوبة كروكس المعروفة الآن بالأشعة السينية وبين الإشعاعات غير المرئية للعناصر. وعلى هذا الأساس بدأ يختبر أية مادة صلبة ذات وهم أو بريق معتقداً أنها سوف تبعث بالأشعة السينية عند وضعها على ألواح فوتوغرافية مغطاة بالورق الأسود.

حقيقة أن بيكريل كان مخطئاً ولكن ما أعجب هذا الخطأ!. لقد فشلت جميع العناصر في إعطاء الأشعة النفاذة المتوقعة عدا واحد منها ألا وهو مركب من مركبات اليورانيوم. وكرربيكريل التجربة مع أملاح و خامات اليورانيوم المختلفة وكانت النتيجة

تأكيداً لمشاهدته الأولى.

وهكذا أدى اكتشاف هذه الأشعة المنبعثة من اليورانيوم "أشعة بيكريل كما سميت بعد ذلك" إلى عمل الإلكتروسكوب، ذلك الجهاز الذي يلعب دوراً مفيداً في ميدان التفاعلات الإشعاعية. والإلكتروسكوب عبارة عن قضيب معدني يدخل في آنية زجاجية خلال سدادة من المطاط، وينتهي طرفه بورقة ذهبية رقيقة متصلة به من أحد طرفيها، أما الجزء الأطول من هذه الورقة فمتروك يتحرك. وعند لمس القضيب المعدني بواسطة عصا من المطاط الصلب سبق أن دلكت على سطح قماش خشن، فإن الورقة الذهبية تتحرك بعيداً عن القضيب المعدني. ويفسر ذلك بأن القضيب والورقة الذهبية قد اكتسيا شحنات كهربية متساوية.



الإلكتروسكوب

وقد لوحظت المشاهدة عندما قرب ملح يورانيومي من الالكتروسكوب دون أن يلمسه. و تفسير ذلك أن الشحنة الكهربية وصلت إلى القضيب المعدني والورقة

الذهبية عن طريق انبعاث شيء ما من اليورانيوم إلى القضيب خلال الهواء. وقد لاحظ بيكريل أن هذا التأثير يتناسب مع كمية اليورانيوم التي يحتويها الملح. ولكن عند استعمال خام البتشبلند وجد أن هذا التأثير يفوق كثيراً ما كان يتوقع من اليورانيوم وحده. ولذلك اقترح بيريكل على مدام كوري أن تحاول استخلاص ذلك العامل الجديد الذي توقع أن يكون عنصراً جديداً يتوفر في خام البتشبلند.

وقد استمر كفاح مدام كوري وزوجها الموهوب بيير وحدهما منفردين مدى عامين كاملين يحاولان فيها فصل جميع المكونات في طن من البتشبلند سلم لها من الحكومة النمساوية. وكلما فصل أحد المركبات كان يختبر بواسطة الإلكتروسكوب. وكانت النتائج غير مشجعة إلى أن فصل مركب الزرنيخ واختبر، فوجد أن هذا الزرنيخ قد عاش مجاوراً لليورانيوم آلاف أو ملايين السنين، وهو الذي يؤثر في ورقة الإلكتروسكوب بسرعة تفوق تأثير اليورانيوم وحده حوالي ثلاثمائة مرة.

وفسرت مدام كوري قوة نشاط مركب الزرنيخ بأنه ربما كان مختلطاً بعنصر جديد لم تسبق معرفة قوة نشاطه. وقد نجحت في فصل هذا العنصر الجديد من الزرنيخ وأطلقت عليه اسم البولونيوم تخليداً لذكرى وطنها بولندا، وسجل هذا العنصر عام ١٨٩٨ و أتبعه سريعاً نصر أعظم وهو فصل مركب الراديوم من مخلفات الباريوم. وكان لهذا العنصر العجيب قوة إشعاع تقدر بثلاثة ملايين مرة قدر قوة إشعاع اليورانيوم على الأقل. وقد حصل عليه أولاً على هيئة مركب بروميد الراديوم. و بعد اثني عشر عاماً تمكنت مدام كوري من فصل الراديوم وحده وكان ذلك نهاية عملها الخالد.

وقد ثبت أن الراديوم معدن براق يشبه بقية أعضاء أسرته "الباريوم والكالسيوم والاسترنشيوم" ولكنه يصدأ بسرعة إذا عرض للهواء. وهو يتفاعل مع الماء بطء ويعطى إيدروجيناً. وهكذا اتخذ الراديوم مكانه في الجدول الدوري للعناصر في الصف الخاص بالباريوم والكالسيوم والاسترنشيوم.

وبهذا العمل الضخم توصلت مدام كوري إلى مكانة فريدة في التاريخ ستظل ذكراها

على مر العصور. إن مدام كوري التي بدأت حياتها تعمل في تنظيف المعدات في أحد المعامل الكبرى مثلها في ذلك مثل فاراداي، قد حازت جائزة نوبل مرتين وانتخبت مرتين لتحل مكان زوجها أستاذة للطبيعة في جامعة السوربون. وأهدتها الولايات المتحدة الأمريكية جراماً من مادة الراديوم الثمينة، كما كرمها الملوك والرؤساء ومشاهير رجال العلم.

وحينما أعلنت مدام كوري عن هديتها العظيمة للإنسانية تتبع عملها الباحثون في كل مكان من العالم. ففي كامبردج أثبت "ج. طومسون" التشابه بين أشعة "بيتا" المنبعثة من الراديوم وأشعة الكاثود والالكترونات. أما "راذر فورد" في مونتريال فقد وضع جزءاً صغيراً من ملح الراديوم قريباً من كمية من كبريتيد الخارصين البراق في أنبوبة صغيرة، وحاول مشاهدة ما يحدث بواسطة عدسات الاسبنثاريسكوب. فشاهد في الظلام انبعاث شرارات مضيئة تسببت عن تصادم الجسيمات المنطلقة من الراديوم بكبريتيد الخارصين. وقد أطلق راذرفورد على هذه الإشعاعات جسيمات "ألفا" كما تمكن من حساب عدد الجسيمات المنبعثة من كمية معينة من الراديوم في زمن معين. أما "سودي" في إنجلترا فقد نجح في جمع هذه الجسيمات وتمكن من تقدير وزنها. كما أوضح أن هذه الجسيمات موجبة التكهرب لأنها تنحرف بفعل المغناطيس في الاتجاه المضاد لانحراف الالكترونات.

وقد كان من الأمور الغريبة أن يعرف العالم ما أعلنه رامزي و سودي من أن أشعة "ألفا" ما هي إلا إشعاعات تتكون من ذرات الهليوم الموجبة التكهرب.

وبعد ذلك تم اكتشاف أشعة "جاما" في الراديوم والبولونيوم والميزوثوريوم التي تشبه الأشعة السينية، والتي هي عبارة عن موجات ضوئية لا تتأثر بالمجال المغناطيسي لأنها متعادلة في الشحنة، فهي ليست بالسالبة ولا بالموجبة التكهرب.

و تنبعث هذه الإشعاعات الثلاث من الراديوم. فلو وضعت كمية صغيرة منه في قاع أنبوبة رصاصية عميقة لانبعثت منها تلك الأنواع الثلاثة. ولكن إذا أحطنا الأنبوبة

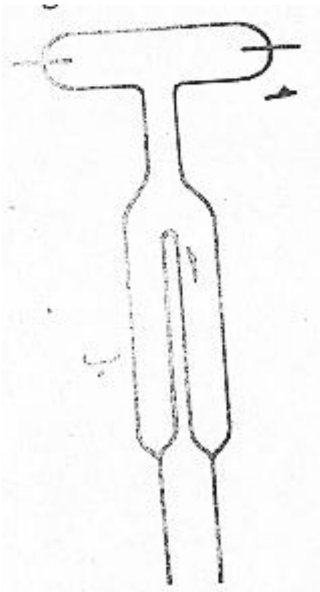
بمجال مغناطيسي فإن ما يخرج خلال فتحة الأنبوبة يقتصر على أشعة "جاما". أما النوعان الآخران فإنهما ينحرفان في اتجاه المغناطيس.

إشعاعات الراديوم

أشعة ألفا	موجبة	ذرات هيليوم	سرعتها ٢٠,٠٠٠ ميل/ثانية	تتوقف إذا تعرض لها حاجز من الألومنيوم سمكه ١,٠ مم.
أشعة بيتا	سالبة	الكترونات	سرعتها ١٨٠,٠٠٠ ميل/ثانية	تتوقف إذا تعرض لها حاجز من الالومنيوم سمكه ٤مم
أشعة جاما	متعادلة	أشعة سينية		تتوقف إذا تعرض لها حاجز من الحديد سمكه قدم

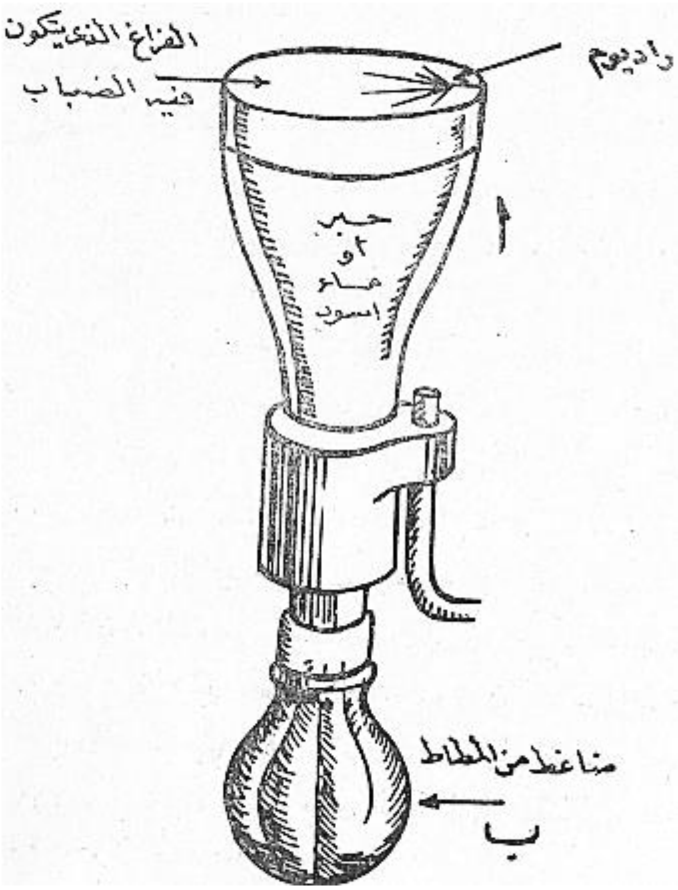
وقد تمكن راذرفورد من اكتشاف عنصر الرادون وذلك بإمرار تيار من الهواء ببطء على الراديوم وبواسطة أنبوبة مبردة بالهواء السائل أمكنه جمع غاز غريب له قوة إشعاعية. ولكن هذا الغاز سرعان لما اختفى بعد مدة تقل عن الأسبوع بعد فقده لجميع إشعاعاته.

ويمكن نتبع الإثبات العملي لتحول العناصر في التجربة التي أجراها رازرفورد مستعيناً بالجهاز البسيط المبين في الرسم. ففي الأنبوبة الزجاجية "ب" يوجد قطبان كهربيان في الجزء العلوي. وفي أسفلها توجد أنبوبة رفيعة رقيقة الجدران "أ".



"جهاز تحول العناصر"

تفرغ الأنبوبة ب وتملأ الأنبوبة "أ" بغاز الهليوم تحت ضغط بسيط، حيث أن سمك جدران الأنبوبة اقل من ٠,٠١ مم لا يحدث أي تحليل طيفي للهليوم عند إحداث الشرارة الكهربية. ولكنه عند وضع جزء من الرادون المنبعث من الراديوم في الأنبوبة "أ" يمكن ملاحظة الطيف الناشئ عن الهليوم بعد بضع ساعات من بدء الشرارة الكهربية. والتفسير الوحيد لذلك هو أن جزيئات غاز الهليوم لم تتمكن في الحالة الأولى من النفاذ خلال الأنبوبة الرقيقة "أ". أما الذي حدث في الحالة الثانية فهو أن الرادون بعث بمكوناته من ذرات الهليوم التي تمكنت من النفاذ خلال الزجاج بسرعة بدائية قدرها ٢٠,٠٠٠ ميل ثانية؛ ولذلك أمكن مشاهدة الطيف. ويعتبر هذا برهاناً صادقاً على تحول العناصر، ذلك الحلم الذي داعب خيال الكيميائيين منذ القدم.



"جهاز تكوين الضباب"

ولتوضيح بعض هذه الحقائق نقدم "جهاز ويلسون لتكوين الضباب" الذي يتكون من آنية زجاجية مملوءة بالحبر أو الماء الملون باللون الأسود. يتصل بعنقها ضاغط أو انتفاخ من المطاط "ب" تتعلق بوجوده ظاهرة طبيعية، هي أنه عند الضغط عليه يندفع الماء إلى أعلى فيعمل على انكماش الهواء المحبوس في الجهاز. ويمتص الماء الحرارة الناتجة عن انكماش الهواء. و إذا أزيل التأثير عن الضاغط بسرعة فإن الماء ينخفض، وينتج عن ذلك أن يتمدد الهواء المشبع بالرطوبة و يبرد، و بذلك تتهيأ كل الظروف اللازمة لتكوين الضباب فيما عدا واحد منها ألا وهو وجود حبيبات من الأتربة أو جزيئات من

غاز مشحون بالكهرباء تعمل كنويات تتجمع حولها جزيئات الماء. ولذلك خطرت لويلسون فكرة عظيمة وهي شحن الهواء بواسطة أشعة "ألفا" المنبعثة من الراديوم. فوضع جزءاً ضئيلاً من ملح الراديوم في أحد أركان الفراغ المخصص للهواء في أعلى الجهاز ثم ضغط الضاغط المطاطي حوالي اثنتي عشرة مرة. وكان أن شاهد انبعاث خطوط بيضاء من مكان الراديوم، وكانت هذه الغيوم عبارة عن حبيبات من تجمعات الماء حول جزيئات الهواء المتأينة من تأثير إشعاعات الراديوم.

وقد وجد أن اليورانيوم يبعث بثلاث ذرات من الهليوم لكي يتحول إلى راديوم، وربما استغرق هذا التحول ملايين السنين. وأن ملح اليورانيوم من جميع ما يحويه من راديوم يقل نشاطه الإشعاعي بدرجة كبيرة. ولكن اليورانيوم النقي يمكنه أن يسترد نشاطه الإشعاعي ببطء ويكون مزيداً من الراديوم، أما الراديوم فيبعث بإشعاعاته "ذرات الهليوم الموجبة والالكترونات السالبة" بقوة حيث يتحول إلى رصاص وزنه الذري ٢٠٦، وبما أن وزن ذرة الهليوم هو ٤ بالضبط، ووزن ذرة اليورانيوم ٢٣٨، فإن ذرة اليورانيوم حينما تفقد ثلاث ذرات من الهليوم تتحول إلى راديوم ٢٦٦. ويتحول الراديوم في النهاية إلى رصاص، وبذلك يفنى اليورانيوم متحولاً إلى رصاص.

وقد وجد أن الوزن الذري للرصاص الموجود في خامات اليورانيوم هو٢٠٦، بينما الوزن الذري للرصاص في خامات الثوريوم هو ٢٠٨,٤ أما الثوريوم فإنه يفقد الالكترونات و ذرات الهليوم في سلسلة من الخطوات لكي يتحول إلى رصاص. ولكن إذا حسبت أن الثوريوم يفقد ٦ ذرات من الهليوم وأن وزنه الذري هو ٢٣٢,٤ فمعنى ذلك أنه يتحول إلى رصاص وزنه الذري ما يقرب من هذا وسيأتي الحديث عن هذا الاختلاف المحير في الوزن الذري للرصاص. وربما تكون قد أصابتك الحيرة أيضاً لأننا أهملنا حساب أوزان الالكترونات، ولكنها في الحقيقة أوزان غاية في الصغر. إذ يزن الإلكترون الواحد$\frac{1}{1837}$ من وزن ذرة الأيدروجين. وعلى ذلك إذا حسبنا عدد ذرات الهليوم المنبعثة من وزن معين من الراديوم في وقت معين، نستطيع أن نعرف أن أي عينة من الراديوم يصيب نصفها الفناء في فترة زمنية تقدر بما يقرب من ١٥٩٠ سنة. ومن

المعتقد أن جميع الراديوم الموجود في العالم أقل عمراً من بداية الجنس البشري. وبحساب كمية غاز الهليوم المجتمعة في مناجم اليورانيوم يمكن معرفة عمر الكرة الأرضية، حيث يتبين من تجارب المعامل أن الجرام الواحد من الراديوم يعطي في العام الواحد١٦٧ مم^3 من الهيليوم. وعلى هذا الأساس يعتقد العلماء الآن أن عمر الأرض يقرب من ألف مليون سنة. أما الشمس والكواكب فهي أطول عمراً من ذلك.

وقد قال "هيفسي" إذا كان عمر الإنسان ثانية واحدة وعمر البشرية ست ساعات، فإن الحد الأدنى لعمر الأرض هو عام وعير الكواكب هو خمسة آلاف عام.

إن الإشعاعات الراديوم بجانب قوة نفاذها في المواد الصلبة صفات أخرى، إذ أن الجرام الواحد من هذه الإشعاعات يعطي حرارة تقدر بحوالي ١٣٢ سعراً في الساعة. وربما يذكر القارئ فعل هذه الجسيمات المنطلقة من الراديوم في كبريتيد الخارصين لجعله مضيئاً. ولذلك يستعمل الراديوم في صناعة الساعات المضيئة. هذا وتجب العناية بتداول تلك المادة حيث أن لها بعض التأثيرات الضارة، لذلك يحفظ الراديوم في صناديق ثقيلة من الرصاص.

و عجيب حقاً أن الراديوم يحرق جسم الإنسان، و قد يسبب له أوراماً سرطانية رغم أنه يستعمل في الحد من نمو أورام مرض السرطان. ولذا يفضل استعمال غاز الرادون حيث أنه أكثر أماناً.

والراديوم من العناصر النادرة الوجود وقد كان الجرام الواحد منه يباع بخمسين ألف جنيه ثم انخفض السعر إلى ٣٥,٠٠٠جنيه بعد اكتشاف خامات كولورادو. ووصل السعر إلى٢٢,٠٠٠جنيه أو أقل حينما اكتشفت الخامات الغنية بالراديوم في الكونغو البلجيكي عام ١٩٢٢. ويمكن الحصول على جرام واحد من الراديوم من تسعة أطنان من الخام المستخرج من الكونغو، في حين أن نفس الكمية يمكن الحصول عليها منه ٤٠٠ طن من خام الولايات المتحدة.

وحتى عام ١٩٢٩ كان إنتاج العالم من الراديوم ثلاثمائة جرام فقط، وكانت هذه

الكمية غير كافية للاستعمال الطبي. وحتى عام ١٩٤١ وصل الإنتاج إلى ما يقرب من ثمانمائة جرام يقدر ثمنها بسبعة ملايين جنيه "حسب السعر الحالي". ومنذ حوالي عشرين عاماً تمكن أحد الطيارين الباحثين عن الخامات من اكتشاف خام البتشبلند في شمالي كندا. وقد أدى ذلك إلى خفض سعر الجرام من الراديوم إلى سبعة آلاف جنيه.

وفي جامعة شيكاغو تمكن "جروس" من فصل عنصر البرتكتنيوم الذي يقع ترتيبه الحادي والتسعين في الجدول الدوري، وعين وزنه الذري وهو ٢٣١. وهو من العناصر المشعة مثل الراديوم.

وقد أصبحت أنابيب الأشعة السينية منافساً قوياً للراديوم في علاج مرض السرطان السطحي. ولهذه الأنابيب قوة خارقة، فمثلاً أنبوبة "كوليدج" التي قوتها ١,٢٠٠,٠٠٠ فولت والتي عملت خصيصاً لمستشفى سان بول يمكنها إرسال أشعة أقوى من كل ما يشعه الراديوم الموجود في العالم. وقد تكلف صنع هذه الأنبوبة ٣٠,٠٠٠ جنيه، ولكنها تعادل في قوتها ما ينتج عن كمية من الراديوم ثمنها ٤٠ مليون جنيه. هذا ومن المعروف الآن أن الكوبالت ٦٠ الذي ينتج ثانوياً في محطات القوى الذرية يفوق الراديوم في قوة إشعاعه.

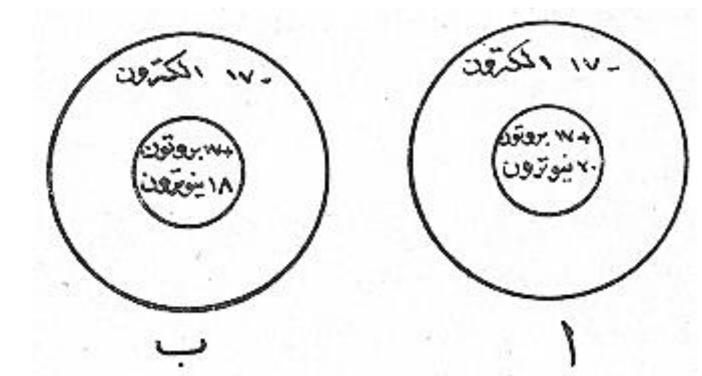
وكان لاكتشاف القوى الإشعاعية فوائد عديدة، إلا أن أهميتها الكبرى تتضح في أنها أزاحت الستار عن التركيب الذري. وقد أشرنا من قبل إلى اكتشاف "طومسون" للالكترونات وأشعة "بيتا" المنبعثة من الراديوم وإثباته أن هذه الأشعة من مكونات جميع المواد. وبعد عدة سنوات اكتشف تلميذه "راذرفورد" أحد مكونات الذرة وهو البروتون، وذلك نتيجة توجيه حزم من ذرات الهليوم المنبعثة من الراديوم لتتصادم مع الصوديوم أو الألمونيوم أو الفوسفور. وفي جميع الحالات كانت تنبعث من هذه العناصر الثقيلة ذرات الأيدروجين المشحونه وتخبر بواسطة "الأسبكترسكوب" وتتكون ذرة الأيدروجين الموجبة التكهرب "أيون الأيدروجين" نتيجة لفقدان ذرة الأيدروجين العادية للإلكترون الوحيد المحيط بنواتها. وقد أطلق راذرفورد على أيون الأيدروجين اسم البروتون.

ويتبين من كل هذه الشواهد والبراهين أن الذرة عبارة عن نموذج مصغر للنظام الكوكبي. إذ تتكون من نواة صغيرة يتركز فيها وزنها. وتحوي هذه النواة البروتونات والنيوترونات "دقائق متعادلة كهربياً وتساوي في وزنها البروتونات" ثم من عدد من الإلكترونات اللازمة لحفظ الاتزان الكهربي مع البروتونات الموجبة تدور حول النواة في أفلاك بيضاوية مختلفة.

وتعتبر ذرة الأيدروجين أبسط الذرات حيث تتكون من إلكترون واحد يدور حول بروتون واحد. ويأتي بعد ذلك الهيليوم الذي يتركب من الكترونين يدوران حول النواة المحتوية على بروتونين و نيترونين. أما اليورانيوم فهو أكثر تعقيداً إذ يحتوي على ٩٢ بروتوناً و١٤٦ نيوتروناً و٩٢ الكتروناً مرتبة في طبقات مختلفة الطابع والطاقة. والقاعدة العامة في التفاعلات الكيميائية هي أن تنتقل الالكترونات في المدار الخارجي من ذرة إلى أخرى، أو تتشارك ذرتان في الالكترونات الخارجية لتكون جزيئات من مواد جديدة.

و تفسر النظرية الحديثة للتركيب الذري اختلاف الوزن الذري للرصاص الناتج عن اليورانيوم والرصاص الناتج عن الثوريوم، فكلا النوعين من الرصاص يتشابه في خواصه الكيميائية، لأن عدد الالكترونات التي توجد في المدار الخارجي لكل منهما متساوية. ولكن اختلافهما في الوزن يرجع إلى اختلاف عدد البروتونات والنيوترونات في نواة كل منهما.

وإذا كان للعنصر الواحد صورتان تخلفان في الوزن أطلق عليهما تعبير "النظائر" و يمكن توضيح ذلك في المثال المبين في الشكل عن نظيري الكلور.



إذ أن وزن إحدى الذرات ٣٥ ووزن الأخرى ٣٧. أما الكلور العادي فهو خليط من الصورتين و متوسط وزنه الذري هو ٣٥,٤٦.

وقد أثبت "أستون" أن كثيراً من العناصر لها صور مختلفة "نظائر" وذلك بمقارنة أوزانها الذرية باستعمال الأسبكتر وجراف. و تتلخص تجربة أستون فيما يلي "عند إمرار دقائق الغاز المحملة بشحنة موجبة تلك التي تسير في اتجاه مضاد لأشعة المهبط بين قطبي مغناطيس قوي واستقبال هذه الأشعة على سطح فوتوغرافي، فإن ما يحدث هو انحراف هذه الأشعة الموجبة عن مسارها بفعل المجال المغناطيسي. فإن كانت هذه الجزيئات جميعها متساوية في الوزن فإنها تتركز في خط واحد على السطح الفوتوغرافي. أما إذا كان العنصر المختبر ذا ذرات مختلفة في الوزن فإن الانحراف المغناطيسي يكون مختلفاً. وتكون النتيجة حدوث خطوط مختلفة على السطح الفوتوغرافي، وبعملية حسابية يمكن معرفة نسب اختلاف الأوزان الذرية الصور المختلفة من العنصر".

وعند اختبار النيون وجد أن ٩٠٪ من ذراته ذات وزن ذري مقداره٢٠. أما العشرة في المائة الباقية فوزنها الذري٢٢ ومتوسط هذه الأوزان هو ٢٠,٢. وهذا يتفق تماماً مع الوزن الذري للنيون العادي عند تعيينه بطرق أخرى.

وحوالي عام ١٩٣٠ وجد أن الأكسيجين ليس بعنصر بسيط وزنه الذري ١٦، بل وجد أنه خليط من ذرات القليل منها ذو وزن ذري ١٧ أو ١٨.

ويمكن القول أن ذرة الهليوم ذات الوزن الذري ٤ هي عبارة عن أربع نويات من الأيدروجين تزن كل منها ١,٠٠٨. وقد بدأ كثير من العلماء يتساءل عن مصير النقص الذي حدث في الوزن نتيجة لهذا الاتحاد ، ووصل الرأي إلى أنه قد انطلق في صورة طاقة ضوئية "تحول المادة إلى طاقة". وإذا كان ذلك حقيقة فإن الطاقة الضوئية المنطقة من الشمس تعادل نقصاً في وزنها يقدر بحوالي أربعة ملايين طن في الثانية.

وهناك علماء آخرون افترضوا أن الطاقة الضوئية المنطلقة من الشمس هي نتيجة فناء البروتونات والالكترونات في مركزها الشديد الحرارة. ويفسر هذا وجود كميات كبيرة من الطاقة الشمسية كما يبشر بعمر طويل للشمس .

وقد قال أستون "إنه إذا تمكنا من تحويل الأيدروجين الموجود في كمية من الماء _تملأ كوباً_ إلى هليوم فإن الطاقة المتولدة عن هذا التحول يمكنها أن تقود السفينة مارتيانيا عبر المحيط الأطلسي ذهاباً وإياباً". هذا وقد تحقق حلم أستون إذ توجد الآن غواصات تعمل بالطاقة الذرية، ولن يمضي وقت طويل حتى تعم محطات القوى الكهربية التي تستخدم مثل هذه الطاقة، وبالتالي سنتحرر من الاعتماد على الفحم والوقود.

الفصل الثالث عشر

تحطيم الذرة

لقد فتحت الكيمياء النووية آفاقاً جديدة في ميدان البحث العلمي في محاولتها الكشف عن أسرار الذرة وما سوف يتبع ذلك من أهمية كبرى في الحرب ضد السرطان وغيره من الأمراض الفتاكة.

وقد أمكن انتزاع الالكترونات التي تدور حول النواة من الذرات بواسطة الحرارة أو الأشعة البنفسجية، أو بإمرار تيار كهربي خلال "أنبوبة كروكس".

ويسبب نزع الالكترونات من الذرات انبعاث أشعة موجبة. وليس الأمر هيناً إذا أريد انتزاع هذه الجسيمات "الالكترونات" من نواة الذرة، رغم أن هذا يحدث تلقائياً في نواة بعض العناصر مثل الراديوم والميزوثوريوم والبرتاكتينوم وشبيهاتها حيث تتميز النواة في هذه العناصر بعدم الثبات.

وقد كان "راذرفورد" أول من نجح في تجزئة عنصر النيتروجين بتعريضه للتصادم مع أشعة "ألفا" "نواة الهليوم" كما تمكن أيضاً من طرد البروتونات "نواة الأيدروجين" من كثير من العناصر بنفس الطريقة.

وكان اكتشاف النيوترونات عام **١٩٣٢** بواسطة "شادويك" بجامعة كامبردج إحدى النتائج الهامة الملموسة التي جعلته جديراً باستحقاقه جائزة نوبل. وقد نتج عن تصادم ذرات البيريلليوم مع أشعة ألفا المنبعثة من البولونيوم انبعاث أشعة لها قوة نفاذ تمكنها من اختراق عدة أقدام من الرصاص. وهي عبارة عن جسيمات متعادلة كهربياً هي النيوترونات. كما اكتشف أيضاً البوزيترون "الرفيق الموجب للإلكترون الذي يساويه في الكتلة ويختلف عنه في الشحنة". وقد نجح أندرسون بمعهد كاليفورنيا للتكنولوجيا في

عام ١٩٣٢ في الحصول على كثير من الصور الفوتوغرافية للبوزيترونات المنبعثة من تأثير الأشعة الكونية على بعض الذرات. كما لاحظ أيضاً انبعاث الالكترونات في الاتجاه المضاد بسبب قوة المجال المغناطيسي. ولا يستمر نشاط البوزيترون أكثر من جزء من الثانية حيث يتحول سريعاً إلى طاقة عند تصادمه بالإلكترون فيعمل كل منهما على إفناء الآخر.

وقد كشف "فيرمي" الايطالي النيوترونات البطيئة بمشاهدته التي لاحظ فيها أن نشاط النيوترونات يستمر طويلاً إذا مررت خلال البارفين أو الماء أو أي مركب غني بالأيدروجين. هذه النيوترونات البطيئة يمكن جذبها بسهولة بواسطة نواة عناصر معينة مثل الأيدروجين.

القذائف المستعملة في تحطيم الذرة

أشعة ألفا: هي عبارة عن أنوية الهليوم وتنبعث تلقائياً بسرعة فائقة من عناصر الراديوم والبولونيوم والميزوثوريوم والعناصر المشعة الأخرى.

الالكترونات: وتعرف بأشعة "بيتا" وهي عبارة عن جسيمات تنبعث من العناصر المشعة بتأثير الحرارة أو من كاثود جهاز الأشعة السينية. وهي خفيفة في الوزن.

البروتونات: وهي عبارة عن الأشعة الموجبة التي تتكون من أنوية الايدروجين نتيجة إمرار تيار كهربي في أنبوبة مخلخلة. وتسير هذه الأشعة في قناة خاصة داخلة أنبوبة الكاثود ولذلك تعرف "بأشعة القناة". ويمكن لبعض الغازات الأخرى أن تتأين معطية هذه الأشعة الموجبة.

النيوترونات: هي عبارة عن جسيمات متعادلة لها قوة نفاذ كبيرة تنبعث من البريليوم وبعض العناصر الأخرى عن تصادمها بأشعة "ألفا". هذا ويعتقد ا ناشعة "ألفا" لها أهمية اكبر من الناحية البيولوجية عن الأشعة السينية.

الديوترونات: هي عبارة عن الأجزاء الداخلية "أنوية" لعنصر الأيدروجين الثقيل "الديوتيريوم". وتتكون ذرته من بروتونين وإلكترون واحد. أو حسب النظرية الحديثة من

نيوترون وبروتون داخل النواة، وإلكترون واحد يدور حول هذه النواة.

جهاز تحطيم الذرة:

تعتبر أنبوبة الأشعة السينية الضخمة التي تعطي أشعة القناة الموجبة أكثر التصميمات انتشاراً للعمل على سرعة انبعاث الإشعاعات المكونة لذرات الغازات ومهما وصل للتفريغ إلى درجة عالية فإن جزءاً من الغاز يتبقى في الأنبوبة يمكن لذراته أن تتأين وتنبعث منها الأشعة. وتستخدم الآن أنابيب ذات جهد يساوي مليون فولت أو أكثر.

وقد اكتشف لورانس وزملاؤه في جامعة كاليفورنيا أقوى جهاز يعمل على تأين الغازات لقذف الأشعة منها، هذا الجهاز الكهربي الذي يعمل بجهد قدره احد عشر مليون فولت، والذي تمكن لورانس بواسطته من قذف أشعة "ألفا" خلال الهواء كحزمة ضوئية. كما تمكن أيضاً من تحويل البلاتين إلى ذهب بواسطة الديوترون. كان نجاح "لورانس" في إرسال حزم واضحة من الإشعاعات النووية لمسافة خمس أقدام باستخدام جهازه "السيكلوترون" له أثره في التطبيقات البيولوجية.

هذا ومن المعروف أن لنواة بعض الذرات القدرة على جذب بعض الإشعاعات كأشعة "ألفا" أو البروتونات أو الديوترونات قبل أن تبعث بإشعاعاتها الخاصة. وفي هذه الحالة تصبح النواة الجديدة غير ثابتة. وتتحول إلى حالة الثبات بانبعاث الإشعاعات أو الطاقة منها.

تحول العناصر:

لقد وجد أن تأثير نواة الديوتريوم في تكسير الذرات أقوى بكثير من تأثير نواة الأيدروجين التي لها نصف وزن الأولى. وبذلك أمكن تحويل الليثيوم إلى ايونات الهليوم أو أشعة ألفا. وتبين المعادلة التالية الأوزان الذرية لهذا التغيير:

$$\frac{\text{ليثيوم}}{7}+\frac{\text{ديوتريوم}}{2}\leftarrow\frac{\text{2هيليوم}}{8}+\frac{\text{نيوترون}}{1}$$

وقد تمكن لورانس في عام ١٩٣٣ من فصل النيوترونات من البريليوم بواسطة الديوترونات "٣,٠٠٠,٠٠٠فولت_ديوترون". وقد تم ذلك من قبل في أوروبا باستعمال أشعة "ألفا". هذا وقد أمكن فصل النيوترونات أيضاً من ذرات كل من الهليوم والليثيوم والكربون والأرجون والنيتروجين والأكسجين. كما استخدم "لوريتسن" ومعاونوه في معهد التكنولوجيا بكاليفورنيا الديوترونات لتحويل البريليوم إلى بورون.

$$\frac{\text{نيوترون}}{\mathbf{1}} + \frac{\text{بورون}}{\mathbf{10}} \leftarrow \frac{\text{ديوتريوم}}{\mathbf{2}} + \frac{\text{بريليوم}}{\mathbf{9}}$$

هذا ومن المتوقع الحصول على نتائج عظيمة باستخدام جهاز سينكروتون "بليون فولت" الذي يقوم ببنائه معهد بروكهافن القومي.

الإشعاع الصناعي وعلاقته بمرض السرطان:

لقد كان أول إنتاج للإشعاع الصناعي في عام ١٩٣٣ على يد مدام كوري وزوجها جوليو، وذلك بتأثير أشعة ألفا على البورون. وتستمر فترة إشعاع البورون خمس عشرة دقيقة أو أكثر بعد توقف تأثير التصادم مع أشعة ألفا. وفي حالة الألمونيوم يستمر الإشعاع أربع دقائق فقط.

ومن الحقائق المعروفة أن كوكر وفت و "دالتون" وآخرين تمكنوا في عام سابق من جعل بعض العناصر غير المشعة تنبعث منها أشعة ألفا بتأثير تصادمها مع البروتونات الفائقة السرعة، ولكن هذا الإشعاع كان يتوقف بمجرد انتهاء التصادم.

وقد استمرت الأبحاث في هذا الموضوع الحيوي في كثير من المعامل بنجاح كبير، حتى إنه أمكن الحصول على الإشعاعات الصناعية من أكثر من ستين عنصراً كيميائياً.

ويعتبر إنتاج الصوديوم المشع من بعض أملاحه على يد لورانس من الأمور المهمة بالنسبة لعلاج مرض السرطان. وتتضح أهمية ذلك في أن متوسط عمر الإشعاع بعد انتهاء التصادم هو خمس عشرة ساعة. هذا بالإضافة إلى أن قوة أشعة "جاما" الناتجة عن الصوديوم المشع عند استخدامها في علاج جسم الحيوان لا تمكث طويلاً فيه،

وبذلك يمكن تفادي الإضرار بالأنسجة على النحو الذي تسببه أملاح الراديوم.

وتستعمل أشعة "ألفا" "الدويوترونات" ذات السرعة العالية حالياً في علاج السرطان وتعطي نتائج قيمة.

الطاقة الذرية_ انشطار اليورانيوم:

في عامي ١٩٣٩، ١٩٤٠ عرفت قصة الانشطار النووي لليورانيوم "٢٣٥" في أوروبا وأمريكا. فقد وجد أن النيوترونات المنبعثة من تصادم الراديوم مع البريلليوم تقل سرعتها عند إمرارها في مركب أيدروجيني مثل الماء أو البرافين، وبذلك يمكن التقاطها بواسطة نواة اليورانيوم "٢٣٥". ويحدث نتيجة لذلك انقسام نواة اليورانيوم ، حيث تتحول إلى باريوم وكريبتون أو عناصر أخرى لا تختلف كثيراً في كتلتها. ويصحب هذا الانشطار اكتساب لطاقة هائلة تقدر بحوالي مائتي ألف مليون إلكترون _ فولت لكل ذرة من اليورانيوم "٢٣٥"

ويمكنك أن تقارن مثل هذه الكمية من الطاقة بتلك التي تنتج عن إحراق ذرة من الكربون أو الأيدروجين والتي تقدر بحوالي اثنين أو ثلاثة إلكترون _ فولت.

وهناك سلسلة من التفاعلات تصاحب هذا الانشطار الذري نتيجة لاستمرار النيوترونات الثانوية في إحداث انشطارات أخرى. وهكذا تستمر هذه الانقسامات حتى ينتهي جميع اليورانيوم "٢٣٥" في العينة المختبرة. هذا وقد لوحظ أن وجود اليورانيوم "٢٣٨" وبعض الشوائب الأخرى يسبب إيقاف سلسلة التفاعلات.

ونظراً لأن اليورانيوم "٢٣٥" يوجد بنسبة ١:١٤٠ في اليورانيوم العادي، فإن المشكلة تتركز في فصل اليورانيوم "٢٣٥" نقياً. وسيأتي الحديث عن ذلك وعن المتفجرات الذرية والطاقة الذرية بتفصيل أكثر في الفصل الأخير.

وقد أشيع أن هتلر وضع كل الإمكانيات تحت تصرف العلماء آملاً في أن يحصل على هذه الطاقة الخارقة الناتجة عن انشطار اليورانيوم لاستخدامها في إنتاج المتفجرات أو في الصناعة. على أن هذا الهدف كان أيضاً ضمن البرنامج الحربي للولايات المتحدة.

الفصل الرابع عشر

العناصر الخاملة

علمنا من الفصل الحادي عشر كيف أوحى اكتشاف غاز الأرجون الخامل إلى "رامزي" بافتراض وجود عناصر أخرى خاملة. ولكن السؤال الذي يبرز الآن هو كيف بدأ التفكير في هذا الموضوع، وماذا أوحى إلى العلماء بفكرة وجود الأرجون؟.

لقد بدأ القصة "كافينديش" الذي عاصر بريستلي ولافوازييه، وذلك عندما قرر فصل الغازات المكونة للهواء في عام ١٧٨٥. وكانت فكرته تتلخص في تنقية حجم معلوم من هواء لندن من الغبار العالق به وتجفيفه من بخار الماء ثم امتصاص غاز ثاني أكسيد الكربون بأية قاعدة "الصودا الكاوية مثلاً" على أن يلي ذلك فصل الأكسيجين بواسطة الكربون الساخن أو النحاس. غير أنه لم يتمكن من فصل النيتروجين الذي يكون $\frac{4}{5}$ حجم الهواء نظراً لعدم تفاعله مع كثير من المواد. وأخيراً خطرت لكافينديش فكرة إمرار كمية إضافية من الأكسجين في الأنبوبة المحتوية على النيتروجين ثم إحداث شرارة كهربية في المخلوط الغازي. فأرغمت حرارة الشرارة الكهربية العالية العنصرين على الاتحاد ليكونا أكاسيد نيتروجين. وأمكنه جمع هذه الأكاسيد الحمضية بجعلها تتفاعل مع محلول قاعدي في قاع الأنبوبة و بتجفيف الأنبوبة جيداً كان المفروض ألا تكون هناك غازات متبقية من الهواء.

وفي كل مرة يعيد فيها كافينديش التجربة كان يتبقى لديه كميات ضئيلة من غاز عنيد يقدر حجمه بحوالي $\frac{1}{120}$ من الهواء الأصلي، ومن الغريب أن كافينديش لم يفعل شيئاً بهذا الغاز أكثر من أن دونه في مذكراته، وبذلك ضاعت عليه فرصة ذهبية لاكتشاف غاز نادر ألا وهو غاز الأرجون.

وقد تحققت المعجزة عام ١٨٩٥ عندما فصل عالم الطبيعة البريطاني "لورد رايلي" محتويات الهواء عدا النيتروجين. ثم وزن هذا النيتروجين ووجد أن وزنه الذري أكبر من النيتروجين النقي المحضر بتحليل نترات النشادر. فما كان من رايلي إلا أن دعا الكيميائي رامزي ليقترح مادة مناسبة تتحد مع النيتروجين. واهتديا إلى إمرار هذا النيتروجين "الثقيل نوعاً" فوق المغنيسيوم الساخن، وبذا أمكن فصل النيتروجين على هيئة نتريد المغنيسيوم تاركاً المادة الشائبة. ومن الغريب أنهم وجدوا أن الغاز المتبقي يكون ١٪ من حجم الهواء الأصلي، وهي نسبة مقاربة لما وجده كافينديش قبل ذلك بقرن من الزمان.

ولم يهمل رامزي ورايلي هذا الغاز الجديد، بل وضعاه تحت الاختبار الدقيق و أجريا عليه كل كشف كيميائي ممكن. فوجدا أنه أول عنصر معروف يرفض التفاعل مع أية مادة تحت أي ظرف من الظروف. ومن هنا جاءت تسميتهما له بالأرجون وهي تسمية مشتقة من الكلمة اللاتينية التي معناها "خامل". وهو غاز متوفر الوجود إذا أدخلنا في اعتبارنا مثلاً أن الهواء الموجود فوق فدان واحد من الأرض يزن ٤٠ ألف طن يكون الأرجون ١ ٪ منها. وقد استغلت أخيراً ظاهرة خموله وعدم تفاعله لتعبئة الملايين من مصابيح التانجستن الكبيرة وفي لحام بعض المعادن في جو خال تماماً من الهواء.

وأهم من ذلك أن هذا الغاز أوجد قائمة جديدة هي مجموعة الصفر، في الجدول الدوري للعناصر.

وقد افترض رامزي أنه لابد أن يكون هناك عناصر أخرى خاملة لتسد الفجوات الجديدة في الجدول الدوري. وبدأ يبحث عنها كمن يبحث عن إبرة في كومة من التبن.

وكان دليله الأول أنه عند كسوف الشمس عام ١٨٦٨ تمكن لوكيير وجانسن من القيام بدراسات طيفية لأشعة الشمس ووجدا خطوطاً جديدة لا تمت بصلة لأي عنصر من العناصر المعروفة. وإنه لمن الملائم تسمية هذا العنصر البعيد عنا بالهليوم. وهو لفظ مشتق من كلمة هليوس اللاتينية والتي

معناها الشمس.

وكان دليله الثاني أحدث من الأول. فبينما كان الكيميائي الأمريكي هيليبراند يقوم بتحليل أحد خامات اليورانيوم "اليورانيت"عن طريق معالجته بالأحماض، انبعث غاز كان محتبساً في الصخر. واعتقد بادئ الأمر أن هذا الغاز ربما كان هو غاز النيتروجين الذي تبقى من الهواء المحتبس في الصخر بعد أن اتحد الأكسجين مع العناصر الأخرى. وقد وقع هيليبراند في نفس الخطأ الذي وقع فيه كافينديش من قبل، إذ كان بين يديه غاز الهليوم ولكنه فشل في معرفته.

و عندما بدأ رامزي بحثه لفت نظره أحد أصدقائه إلى تجربة هيليبراند .

فاشترى رامزي جراماً واحداً من خام آخر لليورانيوم وهو الكليفيت وذلك بما يساوى ١٨ قرشاً، وبدأ في تفتيته بالأحماض ليطلق سراح الغاز المحتبس فيه. وكم كانت دهشة العالم حين وجد أن الخطوط الطيفية لهذا الغاز مماثلة لخطوط الهليوم الموجود في الشمس. وفي فترة قصيرة لا يتعدى مداها شهرين اكتشف، رامزي عنصرًا جديداً وجده على الأرض بعد أن كان معروفاً وجوده في الشمس والكواكب الأخرى.

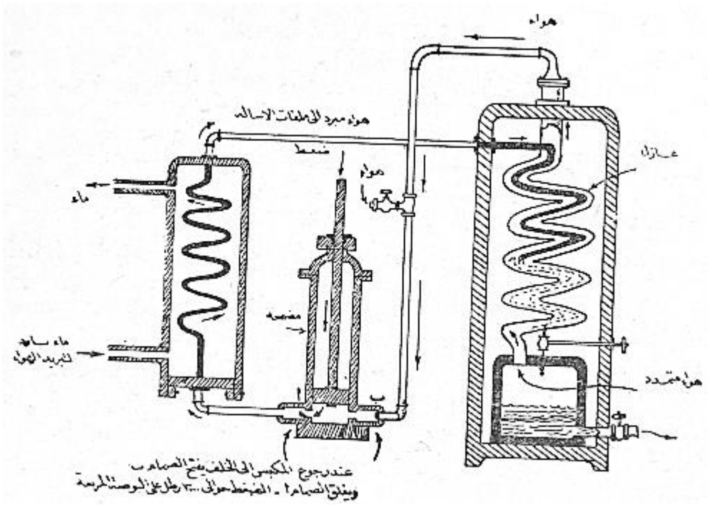
ومن الغريب أنه بعد ذلك بثمانية أعوام، برهن رامزي و سودي على أن الهليوم يتكون بتفتيت معدن الراديوم الذي هو نفسه أحد العناصر الناتجة عن تفتيت اليورانيوم. ويعلل هذا الكشف باحتباس الهليوم في خامات اليورانيوم وتجمعه على مدى السنين.

وكانت كمية الهليوم الموجودة ضئيلة لدرجة لا تسمح بإجراء بحوث عليها، إلى أن استطاعوا الحصول على كميات منه عن طريق مياه الينابيع، وكانت تلك الكميات أكبر بكثير مما حصلوا عليه عن طريق صخر اليورانيوم. إلا أنه أمكن بعد ذلك بقليل التأكد من أنه عنصر خامل للغاية يؤهله للانضمام إلى الأرجون في مجموعة الصفر في الجدول الدوري.كما تحدى هذا الغاز كل المحاولات التي عملت لإسالته، وبذلك اعتبر الغاز الوحيد الذي لا يقهر.

ثم جاء "كاميرلينج أونس" بجامعة ليدين ليكتشف طريقة جديدة للتبريد الشديد حطمت كل الأرقام القياسية السابقة. وفي عام ١٩٠٨ أمكن إسالة الهليوم وتحويله إلى سائل شفاف في درجة ٤ فوق درجة الصفر المطلق "وهي الدرجة التي تتوقف فيها الجزيئات عن الحركة". وفي عام ١٩٢٦ أمكن تحويل هذا السائل إلى جسم صلب تحت ضغط ٢٨ "ضغط جوي" وفي درجة واحدة فوق الصفر المطلق. وبذلك تم تجميد جميع المواد المعروفة حتى ذلك التاريخ.

وفي أبريل من عام ١٩٣١ أذيع أن "واشنطون لحقت بليدين و تورنتو وبرلين وتمكن علماؤها من إسالة الهليوم". ففي مكتب الولايات المتحدة للمقاييس والمعايير أمكنهم تبريد الأيدروجين المضغوط بإحاطته بهواء مسال، ثم سمحوا للأيدروجين بالتمدد، و بذلك يعمل على تبريد المتبقي منه إلى درجات أكثر انخفاضاً من السابقة. ثم ضغطوا الأيدروجين الشديد البرودة حتى تحول إلى سائل، وعملوا على تبخير هذا الأيدروجين السائل تحت ضغط منخفض حول أنبوبة محتوية على الهليوم البارد الواقع تحت ضغط مرتفع فيتحول إلى سائل. وفي كل مرة يتبخر الغاز المسال تنخفض درجة الحرارة أكثر وأكثر.

ولم يكن الأمر بالسهولة التي نسردها، بل كانت هناك تفاصيل عديدة يضيق المقام هنا عن ذكرها. ويمر غاز الهليوم في جهاز الإسالة بمجموعة من الملفات مكونة من أنابيب معدنية موضوعة داخل أغلفة معدنية وأوعية مفرغة من الهواء على التوالي لتحفظ برودة الغاز.



"جهاز إسالة الهواء"

وفي مثل هذه الدرجات المنخفضة القريبة من الصفر المطلق تفقد بعض المعادن كالقصدير والرصاص والزئبق مقاومتها للكهرباء، بينما البعض الآخر كالذهب والنحاس والفضة لا تتحسن درجة توصيلها للتيار الكهربي كثيراً.

وحتى عام ١٩١٤ كان الهليوم غازاً عديم النفع بالرغم من صفاته الفريدة. ومن هذه الصفات أن الغاز أجود من الهواء ست مرات في توصيل الحرارة، كما أن له القدرة على أن يحمل شرارة كهربية مسافة أطول عشرات المرات مما يحمله الأكسجين. ولكن لم يكن في الإمكان الاستفادة من تطبيق هذه الخواص نظراً لعدم وفرة الهليوم و لندرته.

ولو كان الهليوم متوفراً لملأت بريطانيا المناطيد وسفن الهواء بهذا الغاز غير القابل للاشتعال والذي له قوة رفع تعادل ٩٢٪ من الأيدروجين القابل للاشتعال. وقد بدأت حملة للبحث عن الهليوم في كل مكان من الأرض، وكانت أسعاره باهظة و تقدر بحوالي ١٠٠٠ جنيه للقدم الواحد.

وقد سخرت الطبيعة من سكان مدينة ديكستر الصغيرة بولاية كانساس. فبينما

كان أهالي هذه المدينة يحفرون بئراً للغاز الطبيعي يعلقون عليها أعظم الآمال، وبينما هم يجتمعون في احتفال رسمي لإشعال نافورة الغاز، إذا بالغاز المنبعث يأبى الاشتعال وسط مظاهر السخط التي عمت الأهليين. كان ذلك في عام ١٩٠٣، وما كادت هذه الأنباء تصل إلى أسماع كادي وما كفارلاند بجامعة الولاية حتى قاما بتحليل هذا الغاز فوجدا أنه يحتوي على ٨٠٪ نيتروجين.

و بدافع من الإدراك العلمي البحت، قام كادي بتحليل هذا الغاز وفصل محتوياته، فحصل على كمية ضئيلة من غاز خفيف خامل اتضح أنه الهليوم. ثم مضت عدة أعوام حتى كان اجتماع الجمعية الكيميائية الأمريكية المنعقد في مدينة كنساس عام ١٩١٦ حين قرأ أحد زملاء كادي بحثاً وافياً عن تركيب الغاز الطبيعي المتفجر من عدة آبار في كنساس. وسرعان ما هب "ر. ب. موور" وهو أحد تلاميذ رامزي السابقين وقرأ خطاباً من رامزي يتساءل فيه عما إذا كان ممكنا إيجاد مصدر لغاز الهليوم في الولايات المتحدة وذلك الحاجة بريطانيا الماسة إلى هذا الغاز لتحله محل الأيدروجين السريع الاشتعال في المناطيد الحربية وسفن الهواء. وقد كان الجواب على هذا السؤال هناك في كنساس حيث بدأ الهيليوم يخطو بسرعة نحو الاستثمار في الأغراض الحربية.

وبفضل مجهودات موور تكون مجلس عسكري حربي وبحري للهليوم اشتركت فيه مصلحة المناجم وبعض المؤسسات الخاصة، ووقع الاختيار على حقول الغاز في كنساس لتكون ميداناً للاستغلال. وبنهاية الحرب كانت هناك ٢٠٠ ألف قدم مكعب من الهليوم مضغوطة في أسطوانات قوية من الصلب تنتظر شحنها في ميناء نيو أورليانز، بلغ ثمنها في ذلك الوقت حوالي مائتي مليون جنيه.

وتتوقف عملية استخلاص الهليوم من الغاز الطبيعي على صعوبة إسالته إذا ما قورن بغيره من الغازات.

وغاز تكساس الموجود في أماريللو غني بالهليوم، إذ يحتوى على ١,٧٥٪ بالمقارنة بالغاز الموجود في كندا "حوالي ٠,٣٪" وغيرها من البلاد الأخرى. وقد اكتشف حديثاً

في كلورادو غاز يحتوي على ٦٪ هليوم، وهي نسبة عالية بشكل غير مألوف. وباستثناء كندا لا توجد دولة أخرى تملك كميات مناسبة من هذا الغاز.

وتنتج الولايات المتحدة ٥٠٠ مليون قدم مكعب من هذا الغاز سنوياً بسعر لا يتعدى خمسة مليمات للقدم المكعب الواحد، وتستهلك منه كميات كبيرة. وتحتاج عملية ملء مناطيدها الضخمة إلى $6\frac{1}{2}$ مليون قدم مكعب. ورغم ضخامة هذه الكمية فإن الاحتياطي الموجود منه لن ينفد قبل قرون.

ولم يكن سمير ويليام رامزي مقتنعاً بوضع الأرجون والهليوم في القائمة الخاصة بالعناصر الخاملة في الجدول الدوري، إذ كان يعتقد أنه حيث تم اكتشاف الأرجون في الهواء، فإنه من المرجح اكتشاف غيره في هذا المخلوط "الهواء". فاستخدم الهواء المسال كمادة أولية، وبدأ في فصل أجزاء منه بالتبخير، فأمكنه بذلك تكثيف ثلاثة عناصر جديدة خاملة وفصلها على حدة، هي النيون والكريبتون والزينون .

ولم يعش رامزي ليرى استخدام أنابيب الإعلانات المملوءة بغاز النيون، والتي تزين شوارع المدن الكبرى بوهجها الجذاب أثناء الليل. وهذه الأنابيب عبارة عن أنابيب مفرغة من الهواء تشكل على هيئة حروف وتحتوي على غاز النيون تحت ضغط ضئيل جداً لا تعدى ٥–١٠مم زئبق.

تركيب الهواء ألحجمي

نيتروجين	٧٨,٠٤٪
أكسجين	٢٠,٩٩٪
أرجون	٠,٩٤٪
أيدروجين	جزيء واحد في ثمانية آلاف
نيون	جزيء واحد في ٨٠ ألفاً
هليوم	جزيء واحد في ٢٥٠ ألفاً

كريبتون	جزيء في مليون
زينون	جزيء في ١١ مليوناً

وتقوم الشركات حالياً بالدعاية لغاز الكريبتون المستخلص من الهواء المسال، لدرجة أن إحدى الشركات على استعداد لتوريد هذا الغاز _بدون مقابل_ لاستعماله في أغراض البحث وذلك بقصد إيجاد استعمالات له. ومما لا شك فيه انه سوف يوجد استعمال للكريبتون يوماً ما.

وللحصول على رطل واحد من النيون نحتاج إلى ٤٤ طناً من الهواء السائل، كما نحتاج إلى ٧٢٥ طناً للحصول على رطل من الهليوم و ١٧٣ طناً للحصول على رطل من الكريبتون و ١٢٠٨ أطنان للحصول على رطل من الزينون.

هذا وقد فشلت جميع المحاولات لتكوين مركبات كيميائية تدخل فيها الغازات الخاملة من مجموعة الأرجون حتى الآن. ومن الغريب أن جزيئات هذه الغازات تحتوي على ذرة واحدة. إلا أن "هـ. س. بودث" بجامعة وسترن ريزرف بأمريكا قدم الدليل على تكوين مركب فلوري من الأرجون.

الفصل الخامس عشر

الهواء مصدر الغذاء

عندما كان إيليا في العبرانيين مختفياً في الجبال من أعدائه ويتناول طعامه من الهواء "على حد التعبير" بواسطة الغربان الرحيمة، لم يكن يدور بخلده أن الإنسان سيتوصل يوماً ما إلى إدراك أن الهواء هو المصدر الرئيسي للغذاء. فالنيتروجين في إحدى صوره ضروري جداً لنمو النبات، ولكن المشكلة كانت تتركز دائماً في كيفية تثبيته وتحويله إلى مركبات قابلة للذوبان تستفيد منها أنسجة النباتات النامية، خصوصاً وأن كمية النيتروجين في الهواء متوفرة لدرجة أنه يوجد منه حوالي عشرين مليون طن في كل ميل مربع من سطح الأرض.

ونحن نعرف مثلاً أن البكتيريا التي تعيش على جذور البرسيم والبقول تقوم بتثبيت الأزوت الجوي. وهي بذلك تزود التربة بالمركبات الأزوتية عند حرث جذورها في باطن الأرض، ولهذا العمل أهميته الخاصة في الدورات الزراعية. ثم كان ملح بارود شيلي "نيترات الصوديوم" صورة أخرى

من الأزوت الذائب الذي زود البشرية بما يقرب من خمسة وخمسين مليون طن من السماد خلال قرن من الزمان.

ومن المضحك أن نعلم أن أول شحنة أرسلت من هذه المادة إلى بريطانيا لم يكن يقصد بها التسويق إطلاقاً، بل كانت مجرد ثقل وضع في قاع السفينة ليحفظ توازنها. و حين اكتشف أمرها كانت بريطانيا على استعداد لدفع أثمان مجزية لهذه النترات. ولما أسرف زارعو القمح في استعمال السماد العضوي المتخلف عن الطيور البحرية والمعروف بالجوانو والذي تراكم في الجزر النائية من الساحل الغربي لأمريكا الجنوبية،

نفد ذلك السماد. وسوف تلاقي فترات شيلي ولا شك نفس المصير، وإن كان ذلك لن يحدث في القريب العاجل .

وقد أهاب سير ويليام كروكس عالم الطبيعة الإنجليزي بالكيميائيين أن ينقذوا الجنس البشري حين قال في عام ١٨٩٨ "إن تثبيت نيتروجين الجو أمر حيوي بالنسبة لتقدم العالم المتحضر. وإذا لم يحدث ذلك في المستقبل فسوف تتراجع شعوبنا عن المقدمة لتبيدها أجناس لا تعتمد على القمح والخبز اعتماداً كلياً في غذائها". وكان لكروكس أسبابه الوجيهة في هذه التنبؤات المتشائمة. ففي القرن الماضي مثلاً زاد سكان العالم إلى الضعف، وسوف تستمر هذه الزيادة بدرجة خطيرة تؤدي حتما إلى مجاعات محلية بل وإلى حروب من أجل الطعام. ولقد استجاب الكيميائيون لهذا النداء ودفعوا شبح المجاعة التي تهدد الجنس البشري، وكانوا هم _دون الطيارين_ الغزاة الحقيقيين للهواء، إذ وجدوا الطريقة تلو الطريقة لتثبيت الأزوت الجوي على هيئة مركبات سهلة التمثيل للنبات.

وكان النصر الأول في هذا الميدان، عندما قلد النرويجيان بيركيلاند وايد عام ١٩٠٣ وميض البرق الخاطف، بأن دفعا الهواء وسط قوس كهربي هادر على هيئة قرص محيطه ست أقدام ودرجة حرارته 3000 ° مئوية. وفي أقل من لمح البصر، أرغما نيتروجين وأكسيجين الهواء على الاتحاد ليكونا غازاً عديم اللون، هو أكسيد النيتريك "ن أ" الذي تحول بعد تبريده إلى ثاني أكسيد النيتريك ذي اللون البني المائل للاحمرار "ن$أ_2$" . وإذا ما دفع هذا الغار في برج يتساقط فيه الماء على هيئة رذاذ، أتحد الغاز مع الماء مكوناً حامض النيتريك بالإضافة إلى ناتج ثانوي آخر هو أكسيد النيتريك السابق الإشارة إليه، والذي سرعان ما يتحد بالأكسجين في الظروف الملائمة ليكون بالتالي ثاني أكسيد النيتروجين الذي يعود فيذاب في الماء لينتج حامض النيتريك.

و نظراً لما تستهلكه هذه الطريقة من طاقة كهربية كبيرة، فقد بطل استعمالها في معظم بلدان العالم عدا النرويج، واستنبط العلم وسائل صناعية أخرى. على أنه يجب ألا

ننسى دائماً وميض البرق الذي يحدث في طبقات الجو العليا، وتسبب حرارته العالية تزاوج النيتروجين والأكسيجين في الهواء، حتى إذا ما انهمر المطر فأذاب من الهواء أكاسيد النيتروجين المتكونة، تجمعت على الأرض و بفعل الطبيعة كميات كبيرة من النيتروجين القابل للتمثيل، يقدرها أرمينيوس بما لا يقل عن مليار ونصف من الأطنان كل عام.

وقد قام بالمحاولة الثانية لغزو الهواء العالمان الألمانيان كارو وفرانك اللذان عملا على اتحاد نيتروجين الهواء مع كربيد الكالسيوم "كاك$_2$" لينتجا سياناميد الجير "كا ك ن$_2$" ذلك السماد الجيد، والذي يعتبر في الوقت ذاته مصدراً هاماً من مصادر النشادر، وذلك بعد معاملته بالبخار.

ومن المعلوم أنه إذا سخن فحم الكوك مع الجير "كا أ" في فرن كهربي ينتج كربيد الكالسيوم. وتبين التفاعلات الآتية خطوات العملية:

١- 3ك + كا أ ← ك أ + كاك$_2$ "كربيد الكالسيوم"

٢- كاك$_2$ + ن$_2$ ← ك + كا ك ن$_2$ "سياناميد الجير"

٣- كا ك ن$_2$ + 3يد$_2$ أ ← كا ك أ$_3$ + 2ن يد$_3$ "نشادر"

وفي خلال الحرب العالمية الأولى اخترع هابر طريقة جديدة لاتحاد النيتروجين والإيدروجين اتحاد مباشرة لينتج النشادر. ويتحد النشادر مع حامض الكبريتيك مكوناً سلفات النشادر، أو مع الأكسيجين فيتحول إلى حامض النيتريك اللازم لصناعة المفرقعات.

ويعتبر نجاح هابر في ألمانيا عام ١٩١٣ في اتحاد الإيدروجين والنيتروجين من أعظم انتصارات الكيمياء الصناعية. ويحدث التفاعل في اسطوانات على هيئة المدفع مصنوعة من سبائك الصلب، وتعمل تحت ضغط ٣٠٠٠ رطل ودرجة حرارة ٥٠٠ مئوية. ولما كان الإيدروجين يؤثر في الصلب العادي ويضعفه في مثل هذه الدرجات العالية من

الحرارة وتحت هذه الضغوط المرتفعة، فقد استبدل بصلب الكروم الخالي من الكربون.

ولا يتم اتحاد النيتروجين والإيدروجين إلا في وجود عامل مساعد على هيئة كتلة من الحديد المسامي المنشط ببعض المواد، مثل أكاسيد الألمونيوم والبوتاسيوم. ولو أن العملية متناهية الصعوبة وتحفها المخاطر في كل خطوة من خطواتها، إلا أنها مكنت ألمانيا في أحلك أوقاتها من الحصول على حاجتها والاستغناء عن ملح بارود شيلي. ولولا هذا النجاح الذي حققه هابر والذي استخدمه الألمان في الوقت المناسب، لنفدت الذخيرة من الألمان في أقل من عام.

فالأهمية الحربية للتفاعل البسيط

ن$_2$ + 3يد$_2$ ← 2ن يد$_3$ "نشادر"

تبدو واضحة إذا اقترنت باكتشاف أوزوالد السابق، والذي كان يقضي بإمرار خليط من الهواء والنشار على شبكة من البلاتين في درجة حرارة ٦٠٠ مئوية أو أعلى، فتتكون أكاسيد النيتروجين في أقل من ٠,٠١ من الثانية كما يتضح من المعادلات الآتية:

١- 4ن يد$_3$ + 5أ$_2$ ← 6يد$_2$ أ + 4أ ن "أكسيد نيتريك"

٢- 2ن أ + أ$_2$ ← 2ن أ$_2$ "ثاني أكسيد النيتروجين"

٣- 3ن أ$_2$ + يد$_2$ أ ← ن أ + 2يد ن أ$_2$ "حامض نيتريك"

وكما يبدو من التفاعل الثالث، فإن الحصول على ثاني أكسيد النيتريك هو بمثابة الحصول على حامض النيتريك، ومن هنا برز النشادر ضمن قائمة مواد الحرب الإستراتيجية.

ونحن نعلم أن حامض النيتريك لازم لصناعة المفرقعات القوية، وكذلك الأنواع البسيطة مثل بارود البنادق العديم الدخان. ومن المعلوم أن ألمانيا استمرت في الإنتاج

رغم الحصار الذي ضربه الحلفاء عليها، وغلق البحار الموصلة بينها وبين شيلي. وقبل عام ١٩١٣ كانت كل دول العالم تصنع حامض النيتريك بمعالجة ملح بارود شيلي "نترات الصوديوم" بحامض الكبريتيك المركز كما هو واضح في التفاعل الآتي:

2ص نأ$_3$ + يد$_2$ كبأ$_4$ ← ص$_2$ كبأ$_4$ + 2يد نأ$_3$

والآن وبعد التحول السريع في طريقة الصناعة، آلت هذه الطريقة إلى الزوال، وأصبح كل ما تحتاجه من حامض النيتريك يحضر بواسطة أكسدة النشادر.

وفي الأعوام التي تلت ذلك اكتسح تثبيت الأزوت الجوي المباشر _على صورة نشادر بطريقة هابر_ الطرق الأخرى، وساء الموقف من الوجهة التجارية بين الدول المنتجة. ففي عام ١٩٣٩ وصل إنتاج العالم إلى مليون طن من النيتروجين المثبت، استخرج أقل من ١٠ ٪ منها من ملح بارود شيلي و ١٨٪ بواسطة أفران الكوك و ١٠٪ بطريقة السياناميد و ٦٠٪ بطريقة النشادر.

وقد حدد الإنتاج بواسطة اتفاق عقد بين الدول المنتجة حتى لا تتأثر الأسعار بوفرة العرض. وفي وقت من الأوقات كانت السيادة لألمانيا في تثبيت النيتروجين، ولكنه من المحتمل أن يكون التفوق في كثرة الإنتاج حالياً في جانب أمريكا. وفي التقرير الأولي الذي وضعته وزارة الحرب في أمريكا، كان مقدراً أن الولايات المتحدة تحتاج إلى ١٤٤ ألف طن من النيتروجين المثبت أثناء الحرب. وقد أعيد النظر في هذا التقرير على ضوء ما أسفر عنه الاستهلاك الهائل إبان الحرب العالمية الثانية. وما أن جاء عام ١٩٥٦ حتى أمكن لأمريكا أن تثبت ٤ ملايين طن من نيتروجين الجو سنوياً، تستعمل معظمها كسماد للتربة.

وفي الفترة التي تلت الحرب العالمية الثانية استخدمت الكميات الهائلة من إنتاج النشادر وحامض النتريك استخداماً صحيحاً، واستهلك جزء كبير منه في صناعة نترات النشادر المستعملة كسماد يحوي كميات عالية من النيتروجين. وبما أن هذه المادة تمتص الماء بشراهة بالتخزين وتتحول إلى كتل متلاصقة، كان لابد من معالجتها بطريقة ما حتى

تبقى مجروشة، وذلك حتى يمكن حفظها وتخزينها بأمان واستعمالها بسهولة. وأنه لمن المعروف أن رفع المستوى الاقتصادي والدخل للمزارعين الذين يعملون على الأرض المنهكة، يأتي عن طريق إمدادهم بأسمدة جيدة ورخيصة.

وقد سبق أن ذكرنا أن العناصر المطلوبة لتحضير النشادر هي النيتروجين والأيدروجين. ويوجد النيتروجين في الهواء بطبيعة الحال، أما الأيدروجين فالحصول عليه معضلة. ويعتبر غاز الماء احمد مصادر تحضيره في أمريكا في الوقت الحاضر. ويحضر غاز الماء بإمرار البخار على فحم الكوك المشتعل. ومن المصادر الحديثة المستعملة حالياً في تحضير الأيدروجين التفاعل المنشط بين البخار وغاز الميثان المنبعث من الغازات الطبيعية.

الفصل السادس عشر

المفرقعات

عندما شق الإمبراطور كلوديوس إحدى القنوات الرومانية الهائلة مخترقة جبال سولفيانو، كان لزاماً عليه أن ينتظر أحد عشر عاماً حتى يتم شق القناة التي عمل فيها ثلاثون ألفاً من العبيد يكدحون ليل نهار ليطيلوا القناة خمس أقدام في اليوم الواحد. أما اليوم فإنه يمكن إنجاز مثل هذا العمل بسهولة ويسر في عشرة أشهر، وذلك باستخدام بضعة أطنان من الديناميت ومائة عامل على الأكثر.

وطالما يدور بخلدنا هذا السؤال: كيف اقتلعت الستة ملايين طن من الأحجار المائلة التي بني بها هرم مصر الأكبر من محاجرها؟ وللإجابة على هذا السؤال نقول بأن ذلك تم بكد وشقاء آلاف العمال المزودين بمعاول من البرونز وأسافين خشبية تنتفخ بامتصاص الماء. وربما أعجبنا بالمهارة والصبر المتناهي اللذين تجمل بهما القادة في ذلك الحين حتى ينجزوا مثل هذا العمل الجبار، إلا أنه يجب ألا يفوتنا ما تحمله العمال من عناء و شقاء.

كما لا يفوتنا أن نذكر ذلك العمل الشاق الذي قام به ٣٠٠ ألف رجل البناء حائط الصين العظيم، أو ما قام به ٨٠ ألفاً من العبرانيين في محاجر الملك سليمان لمدة سبعة أعوام متتالية.

والغريب أنه كلما جاء ذكر المفرقعات تبادر إلى ذهن المواطن العادي صورة الحرب القائمة التي جعلها البارود العديم الدخان ت. ن. ت وحامض البكريك وغيرها من المواد المتفجرة أكثر بشاعة وهولاً. إلا أنه يجب علينا أن نقرر بأن أهم استعمالات للمفرقعات القوية هي استعمالات سلمية تزيد من رفاهية البشر. وللتدليل على ذلك

نذكر أن جيوش الحلفاء استخدمت ما لا يزيد على بلوني رطل من المواد المتفجرة خلال الأربعة أعوام التي استغرقتها الحرب العالمية الأولى، وهي كمية لا تزيد بأية حال من الأحوال عما استخدمته الولايات المتحدة وحدها في الفترة ما بين أعوام ١٩٢٦، ١٩٣٠لأغراض السلم.

ويستخدم ثلث إنتاج الولايات المتحدة من المفرقعات في مناجم الفحم، والخمس في استخلاص المعادن من قبضة الطبيعة القوية، والسدس في اقتلاع الصخور من المحاجر وفي حفر الأنفاق في الجبال ومد خطوط السكك الحديدية عبر الأراضي الوعرة واقتلاع الصخور من الموانئ وحفر أساسات ناطحات السحاب وإزالة جذوع الأشجار والصخور من الأراضي المراد زرعها و حفر الصافي و تطهير مجاري الأنهار مما يعترضها من الثلوج وبقايا الأشجار.

ومجمل القول إنه لولا الطاقة الرخيصة الكامنة في هذه المواد ما أمكن القيام بهذه الأعمال، خاصة إذا كان اعتمادنا في مثل هذه الأمور ينحصر في استخدام الطاقة البشرية أو الحيوانية.

كما أنه بدون الطرق الحديثة التي يمكن بها استخلاص النحاس والحديد بسهولة واقتصاد من خاماتها لزادت أسعار هذه المعادن حتماً. ويرجع الفضل إلى الديناميت في اقتلاع المواد اللازمة لرصف الطرق بالخرسانة المسلحة مثل الحجر الجيري والأسمنت الصخري بأسعار زهيدة، مما ساعد الولايات المتحدة على مد شبكة الطرق الصلبة فيها.

ورغم أن البارود الأسود "مخلوط من الفحم والكبريت وملح البارود أو نترات البوتاسيوم" كان معروفاً منذ القدم، و بالتحديد منذ عهد العالم الإنجليزي الراهب "روجر باكون" عندما هزم إدوارد الثالث فيليب ملك فرنسا مستعيناً بالبارود والمدافع الخشبية، فإن اكتشاف الايطالي "سوبريرو"

تحضير النتروجليسرين عام١٨٤٧ هو الذي زود البشرية بطاقة متفجرة لا حد لها.

ومن العجيب أنه استخدم في بادئ الأمر كمنبه للقلب فقط. وانقضت عشرون سنة قبل أن يضع العالم السويدي "ألفريد نوبل" هذا الاكتشاف موضع التنفيذ، ثم خمس سنوات أخرى قبل أن يمزج هذا السائل السريع الانفجار مادة طفليه مسامية تجعل استخدامه مأموناً.

ويعتبر تحضير النيتروجليسرين عملية سهلة لا تخرج عن كونها عملية خلط الجليسرين الذي ينتج ثانوياً في صناعة الصابون مع حامض النيتريك والكبريتيك المركزين. وللمحافظة على أرواح أولئك الذين يقومون بصناعته تمرر محاليل باردة من ملح الطعام في الأنابيب المبردة لخفض درجة الحرارة أثناء التفاعل لتلافي حدوث الانفجارات.

ولما كان خلط المواد الأولية بسرعة ينجم عنه حرارة تفاعل عالية، فلذلك يلزم إضافة الجليسرين إلى الحامض ببطء متناه، وبعد أن يطفو النتروجليسرين على السطح "بعد ساعة ونصف تقريباً" يسحب باحتراس ثم يغسل لتخليصه من الأحماض. ويعتبر هذا المفرقع السائل أنسب المواد المكتشفة لتفجير آبار البترول.

ويروض هذا المفرقع بخلطه بعجينة الخشب "بدلاً من الطفل" و نترات الصوديوم و نترات الأمونيوم وغيرها من المواد التي تمتص السائل. وأحياناً يعمد عمال المناجم إلى صهر الديناميت المتجمد في أيام الشتاء القارس كي يبدأوا عملهم اليومي مبكرين، إلا أن ذلك كثيراً ما أدى إلى حدوث انفجار قبل بدء العمل. وقد استعان صانعو الديناميت بالطرق العلمية الصحيحة على خفض درجة تجمد الديناميت ليلاءم الجو البارد، وذلك بإذابة نترات بعض المواد الأخرى في النتروجليسرين.

ولتقليل درجة انفجار وتفتيت هذا المفرقع العنيف تحل نترات النشادر "ن يد$_4$ ن أ$_3$" محل جزء من النتروجليسرين فتقل درجة انفجاره وتحطيمه للصخور. وهي صفة مطلوبة إذا أريد الحصول على كتل كبيرة من الصخر.

وقد عمل "نوبل" على زيادة منافع النتروجليسرين وذلك بإذابة كمية كافية من

نترات السليولوز في النتروجليسرين لتكون مادة هلامية بالتبريد. ويعرف هذا المركب بديناميت الجيلاتين، وهو مادة حساسة جداً تنفجر تلقائياً إذا عرضت للرج.

ويحضر الكوردايت _ذلك المفرقع العديم الدخان الذي استخدمته الجيوش البريطانية في الحرب العالمية الأولى_ من ديناميت الجيلاتين، وذلك بإذابة مخلوط من النتروجليسرين و النتروسليولوز مع القليل من بعض نواتج البترول في الأسيتون. ثم تصب هذه العجينة في قوالب و تقطع إلى أطوال مناسبة وتترك لتجف مكونة مادة قرنية شبه شفافة.

ولقد كان الإنتاج العالمي من الأسيتون في الحرب العالمية الأولى ضئيلاً جداً، لدرجة أنه عندما طلبت بريطانيا من أمريكا كميات من الكوردايت اشترطت عليها توريد كميات كبيرة من الأسيتون مع الكوردايت. وقد نفذ الطلب واضطرت أمريكا لبناء مصنع هائل لإنتاج حامض الخليك الذي يمكن تحويله بسهولة إلى أسيتون.

ومن أكثر المفرقعات شيوعاً في زمن الحرب مركب الـ ت.ن.ت "الترايني‍تروتولوين". و تتلخص طريقة تحضيره في معالجة التولوين _ذلك السائل العديم اللون الذي ينتج ثانوياً في أفران الفحم_ بحامض النيتريك لينتج مادة صلبة للغاية. إلا أنه إذا فجر في قنبلة أو لغم أو طوربيد بواسطة كبسولة الانفجار فإنه ينفجر بقوة مدمرة هائلة. ولم يكن في مقدور الحلفاء الحصول على كميات كبيرة منه حتى اكتشفوا أنه من الممكن تخفيفه بنترات النشادر الرخيصة و السهلة التحضير دون أن يفقد قوته المدمرة. وأطلقوا على هذا المخلوط اسم أماتول.

ويبدو أنها ليست هناك نهاية أو حدود لقدرة حامض النيتريك على إكساب كثير من المواد صفات التدمير الهائلة. فبالإضافة إلى الجليسرين ومخلفات القطن وسليولوز الخشب وغيرها من المواد التي يمكن تفاعلها مع هذا الحامض، فإن النشا يتفاعل أيضاً مع الحامض ليصبح مادة مدمرة خطيرة. وحتى السكر الحلو المذاق عندما يخلط بالجليسرين ويتفاعل مع حامض النيتريك يكتسب صفات المواد السابقة المدمرة،

وكذلك حامض الكربوليك "الفينول" يتحول بعد تفاعله مع الحامض إلى حامض البكريك الذي لا يقل تدميراً عن سابقيه.

ويبدو من الأمور الغريبة أن نتحدث عن بعض هذه المواد المتفجرة ونصفها بأنها حساسة للغاية، إلا أن هناك فعلاً مجهودات جبارة تبذل لتقليل حدة انفجار بعضها. كما أن هناك بعضاً منها تترك على حالها مثل الفالمينات التي تستعمل بكميات ضئيلة في كبسولة الانفجار. أما ثالث يودور النيتروجين فهو سهل التحضير لدرجة يحسن ألا يطلع القارئ عليها. وهو مأمون الجانب طالما كان رطباً، ولكنه ينفجر ذاتياً بمجرد جفافه حتى ولو لامسته أقدام ذبابة كبيرة.

وهناك من المفرقعات المأمونة ما يستعمل الآن في مناجم الفحم منقذاً بذلك أرواح الألوف. فقد كان البارود المستعمل في مناجم الفحم كثيراً ما يولد لهباً طويلاً يشعل غبار الفحم وغازات المناجم ويسبب كوارث هائلة، ولكن أمكن حالياً إضافة بعض المواد الكيميائية التي تقلل من طول اللهب وتعمل على تقصير فترة اشتعاله فتقل بذلك خطورة استعماله.

ويعزى سبب الانفجار الذي تحدثه المواد المتفجرة والديناميت إلى الانطلاق الفجائي "نتيجة تفاعل كيميائي" لكميات هائلة من الغازات التي تتمدد بدرجة كبيرة بتأثير حرارة التفاعل.

هذا ويعتبر حامض النيتريك أو أملاحه المادة الأساسية لكل هذه المفرقعات. وقلما توجد مادة مفرقعة في وقتنا هذا ما لم تكن أحد مركبات هذا الحامض.

وكتكملة إضافية لهذا الفصل نذكر أنه ظهر في عام **١٩٤١** أن التولوين الناتج من تقطير الفحم لم يكن كافياً لمجابهة احتياجات أمريكا من الـ ت.ن.ت في حرب كبيرة. وقد شرعت الولايات المتحدة في بناء مصنع لتحضير التولوين بكميات كبيرة من المنتجات البترولية. وكم نحن مدينون لكيمياء البترول التي تزودنا بالوقود ومواد التشحيم والمفرقعات والمطاط الصناعي والجليسرين وغيرها من المواد الهامة.

وقد بلغ إنتاج التولوين السنوي من أفران الفحم في عام ١٩٥٦، ٣٠ مليون جالون، بينما تتطلب الحروب الحديثة عشرة أضعاف هذه الكمية. و بمعالجة جالون واحد من التولوين بحامض النيتريك يتكون عشرة أرطال من ت.ن.ت. ويرجع الفضل إلى الكيميائي الذي كثيراً ما قام بدور المنقذ واستنبط طريقة جديدة لتحويل أحد نواتج تقطير البترول إلى تولوين.

وهناك مادة جديدة اسمها ر.د. س مشتقة من الفورمالدهيد والنشادر، وقد استخدمت بنجاح ضد الدبابات واستعملت في نسف الكباري أيضاً. ورغم شدة انفجارها فإن القنابل الذرية تعتبر سيدة الموقف مالها من قوة ناسفة مريعة.

الفصل السابع عشر

الحرير والسليولوز

لم يكن أهل الكهف يعترفون بالثياب. وكان لباس رجالهم ونسائهم حتى في المناسبات لا يتعدى بضع قطع من جلود الحيوانات وبعض ثمار التوت الحمراء المعقودة حول أعناقهم. وكانت الجونلات المصنوعة من الحشائش رداءهم المفضل في الجو الحار.

وبظهور الصناعة فسدت حياتهم البسيطة. فلما نشأت صناعة غزل القطن والصوف تطور الذوق وظهرت مع تطوره الحاجة إلى نسيج خاص للخيام وقلاع للمراكب وسجاجيد وأغطية لرؤساء القبائل والعشائر.

وتحكي الأسطورة الصينية القديمة أنه بينما كانت إحدى الأميرات الصغيرات تحتسي الشاي في أحد الأيام الجميلة سقطت منها شرنقة الحرير في قدح الشاي الساخن، ولشد ما كانت دهشتها عندما وجدت غطاءها الحريري يتفكك ويخرج منه خيط حريري متين. وكان ذلك أول عهد الإنسان بالحرير.

وكان استعمال الحرير مقصوراً في الأيام الغابرة على الملوك والأمراء إذ كانت أسعاره مرتفعة جداً حتى إنه كان يباع مقوماً بوزنه ذهباً. وكثيرًا ما كان سبباً للتطاحن والقتال بين الناس. وكانت تربية دودة الحرير حرفة هامة منذ ٣٠٠٠ سنة قبل الميلاد. وحرصت الصين على الاحتفاظ بسر هذه الصناعة حتى إنها اعتبرت تهريب ديدان الحرير الصغيرة وبيضها من أكبر الجرائم التي يعاقب مرتكبوها بالإعدام. إلا أن أمراء أوروبا الذين تملكتهم الرغبة في اقتناء هذا النسيج الثمين تمكنوا من تهريب بعض الديدان خارج آسيا. وتمكنت فينيسيا من سرقة سر الصناعة في عام ١٢٠٣، كما رصد نافار ملك فرنسا أموالاً طائلة لتربية دودة القز في فرنسا. وتعتبر الملكة إليزابيث

الأولى أول من أرتدي الجوارب الحريرية في انجلترا كلها.

وتنتج اليابان حالياً معظم الحرير الخام في العالم جاعلة من صناعته فناً و علماً، بينما يعتبر الإنتاج في الصين بدائياً. وتحتاج ديدان القز إلى عناية فائقة كما تحتاج تغذيتها إلى كميات كبيرة من أوراق التوت. و تأكل ٣٠,٠٠٠ دودة من ديدان القز ١٧٠٠ رطل من أوراق التوت الطازجة. وتغزل مقابل ذلك اثنى عشر رطلاً من الحرير فقط.

ورغم متانة ألياف الحرير التي تعادل متانة سلك من الحديد له نفس القطر، إلا أنها رقيقة جميلة و ناعمة الملمس. وتغطي هذه الألياف طبقة شمعية من السيريسين تكون ربع وزن الحرير الخام تقريباً. ويجب عند نسج ألياف الحرير إزالة هذه الطبقة الشمعية، وذلك بغسل الألياف في حمامات دافئة من الصابون. ثم يعوض النقص في الوزن بمعالجة الألياف بأملاح القصدير.

وقد كانت أمريكا تستورد ٧٠ مليون رطل من الحرير الياباني سنوياً يربو ثمنها على ١٤٠ مليون جنيه، إلا أنها خفضت استيرادها من هذا الحرير في الوقت الحاضر واستعاضت عنه بالحرير الصناعي والنايلون فتأثر بذلك اقتصاد اليابان.

هذا ولم يعد ارتداء الحرير حقاً مكتسباً للملوك وحدهم يتمتعون به دون جموع الشعب. إلا أن ارتفاع أسعاره لم يجعل التمتع بنسيجه الناعم المصقول في حدود إمكانيات متوسطي الدخل أو الفقراء. وكان على القطن أن يفي باحتياجات هؤلاء. ومنذ عهد قريب بدأ الناس يشبعون رغبتهم في المنسوجات الجميلة بالقطن المرسيريزيه. وهو قطن تعالج أليافه بمحاليل الصودا الكاوية فتكتسب لمعاناً وتجذب تيلته حتى تستقيم.

إلا أنه ظهر في الأفق شيء جديد. ففي عام ١٨٨٤ اخترع الكونت هيليردي شاردونيه من بيانكون أول دودة قز آلية. وتتلخص الطريقة التي اتبعها في دفع محلول من نترات القطن الذائبة في الكحول والأثير "المعروف حالياً بالكولوديون" في الثقوب

المتناهية في الصغر لمغزل صغير. فحصل بهذه الطريقة على خيوط حريرية رفيعة بمجرد تبخر السائل المذيب في الهواء الدافئ. وللثياب المصنوعة من ألياف النتروسليلوز بريق ولمعان يجعلها تبدو جميلة حقاً، إلا أنها سريعة الاشتعال لدرجة أن الثوب الكامل منها يحترق تماماً في جزء من الثانية. ومن الواضح أن مجموعة النترات

"– ن أ$_3$ " التي اتحدت مع جزيئات السليولوز ، زودت الجزيئات الجديدة بكميات وفيرة من الأكسجين الذي يساعد على الاشتعال. ولم يقف الكيميائي مكتوف الأيدي إزاء هذه المشكلة. خطر له أن يزيل النترات من الألياف بغمسها في حمامات خاصة، آملاً في الوقت نفسه في الاحتفاظ بلمعان هذه الألياف. وفعلاً كللت جهوده بالنجاح، وذلك لأن الألياف التي نتجت عن هذه العملية ولو أنها تحولت إلى سليولوز القطان من جديد "من الناحية الكيميائية"، إلا أنها احتفظت بمظهر الحرير وملمسه.

والسليولوز مركب كيميائي رمزه الأولى (كيد$_{10}$ أ$_{5}$) ن ويدل هذا الرمز على احتواء الجزيء على عدة ذرات من الكربون والإيدروجين والأكسجين أكثر كثيراً ما يبدو لأول وهلة، إذ أن الرمز "ن" يعني عدداً كبيراً لم يحدد بعد.

ونحن نأكل السليولوز ضمن ما نأكله من الكرفس والخس ومعظم الخضروات، لا لأي غرض غذائي إلا لكونه مادة تساعد على الهضم. وتفرز الماشية عصارة هضمية قوية قادرة على تمثيل بعض سليلوز التبن. وهناك بعض أنواع من البكتريا يمكنها تكسير هذه الجزيئات العنيدة. هذا وقد اكتشف منذ عدة سنوات أن نشارة الخشب المعالجة بالأحماض المخففة تحت ضغط مرتفع تتحول جزئياً إلى سكريات من الممكن تخميرها وتحويلها إلى كحول.

ويحتوى جزيء السليولوز على ثلاث مجموعات من مجموعة الأيدروكسيل "– أيد" على الأقل. و تتفاعل هذه المجموعات مع حامض النيتريك المركز أو الصودا الكاوية و ثاني كبريتيد الكربون كما هو الحال في صناعة الحرير الصناعي. وتوضح المعادلة التالية باختصار طريقة تحضير بارود القطن ذلك المفرقع القوي.

$$\text{ك}_6\,\text{يد}_7\,\text{أ}_2\,(\text{أ يد})_3 + 3\,\text{يد ن أ}_3 \leftarrow 3\,\text{يد}_2\,\text{أ} + \text{ك}_6\,\text{يد}_7\,\text{أ}_2\,(\text{ن أ}_3)_3$$

ويلاحظ أن الجزيء يحتوي على ثلاث مجموعات من "ن أ$_3$" لذا كانت تسميته بثالث نترات السليلوز تسمية صحيحة، بخلاف التسمية الخاطئة التي يطلقها عليه العامة "نتروسيليولوز". ومن الممكن بواسطة تخفيف عملية التأزت إدخال مجموعة واحدة أو مجموعتين من النترات لتعطي مركباً أبسط هو عبارة عن خليط من أول وثاني النترات. وهذا هو المركب الذي أذابه شاردونيه في الكحول والأثير وغزله إلى خيوط من الحرير.

وقد أمكن إحلال مجموعة الأسيتات محل مجموعة الأيدروكسيد في جزيء السليولوز. وذلك بمعالجة السليولوز بأحد مشتقات حامض الأسيتيك "أنهيدريد الأسيتيك" وليس بالحامض نفسه. ولا يحتاج مثل هذا الحرير إلى إرجاعه ثانية إلى سليولوز كما هو متبع في فترات سليولوز شاردونيه، وذلك لأنه يحترق ببطء شديد. ويعتبر هذا النوع من الحرير أجود من النوع السابق، وأليافه أمتن بكثير من ألياف أنواع الرايون الأخرى، ولذا يشتد الإقبال عليه وإنتاجه في ازدياد.

وهناك نوع آخر من الحرير الصناعي يسمى حرير الفيسكوز يفوق إنتاجه النوعين السابقين. ويحضر هذا الحرير بمعالجة سليولوز القطن أو ألياف الخشب النقية بالصودا الكاوية وثاني كبريتيد الكربون، ويسمى ناتج هذا التفاعل البرتقالي اللون "زانثات السليولوز". وهو كمثيله نترات السليولوز يجب أن يذاب في أحد المذيبات، ثم يغزل ويحلل بعد ذلك في حمام حمضي ليعود سليولوزاً من جديد، مع فارق واحد هو احتفاظه بلمعانه.

ويزيد إنتاج العالم من الرايون على ثلاثة آلاف رطل، أربعة أخماسها تقريباً من غزل الفيسكوز. ولفظ الرايون هو التسمية المتفق عليها حالياً التي تطلق على جميع أنواع الحرير الصناعي.

وهناك نوع آخر من الحرير الصناعي يسمى حرير الكوبرامنيوم أو غزل بمبرج،

يحضر بإذابة القطن في محلول من النشادر وأكسيد النحاس، ثم يدفع السائل الناتج من مغازل صغيرة إلى أحد الأحماض. وتعتبر ألياف هذا الحرير أدق من ألياف الحرير الطبيعي، إذ لا يتعدى قطرها ٠,٠٠٤ من البوصة، ويزن الخيط الذي طوله ٤٢٢٥ ميلاً رطلاً واحداً.

وقد أمكن التغلب حالياً على شده لمعان غزل الرايون باستعمال طرق مختلفة، فأدى ذلك إلى انتشار استعماله إما وحده وإما مخلوطاً بالحرير الطبيعي.

وتلعب المركبات القليلة النترات من نترات السليولوز دوراً كبيراً في حياتنا الحديثة. إذ تمزج بالكافور لتكون الفيلم الشفاف الذي عرف قديماً بالسليولويد، والذي أصبح أساس صناعة السينما الواسعة وهواية التصوير المحببة. وتستعمل نترات السليولوز الداخلة في هذه الصناعة دون إزالة مجموعة النترات منها، كما هو الحال في الأنواع الحديثة والقليلة الاشتعال من رايون شاردونيه، وقد أدى ذلك إلى رفع قيمة فئات التأمين على دور السينما، وعمل حجرات خاصة تقاوم الحريق، وفرض قيود كثيرة على مشاهدة الأفلام في المدارس والمعاهد.

وتمتاز أفلام السليولويد المصنوعة من أسيتات السليولوز المأمونة الجانب بأنها لا تسبب الحرائق ولا تحتاج إلى غرف خاصة تقاوم الحريق. و تصنع أفلام هواة التصوير حالياً من هذه المادة التي يجب أن يعمم استعمالها في جميع أنواع الأفلام رغم ارتفاع ثمنها بعض الشيء.

وكثيراً ما نتج عن استعمال أفلام نترات السليولوز كوارث وحرائق رهيبة. ويعزو التقرير الرسمي عن كارثة عيادة كليفلاند للأشعة بأمريكا أسباب الحريق إلى اشتعال ٦ أطنان من أفلام أشعة أكس، كانت مخزونة في الدور السفلي من العيادة و موضوعة خطأ بالقرب من مصباح كهربي قوة ١٠٠ وات. ونتج عن اشتعالها السريع المدمر انبعاث ١٢٥ رطلاً من حامض البروسيك "يد ك ن" وأكاسيد النيتروجين السامة. وكان من الممكن تلافي هذا الحريق الذي راح ضحيته ١٢٤ شخصاً، لو أن هذه الأفلام

كانت مصنوعة من مادة أسيتات السليولوز. كما نسب حريق بالتيمور المروع عام ١٩٠٣ الذي تسبب في خسارة قدرها ٤٠ مليون جنيه إلى تخزين كميات هائلة من الياقات القديمة المصنوعة من السليولويد في متجر واحد.

ولا يخرج السلوفان عن كونه نوعاً آخر من الأفلام الشفافة التي اكتسبت شهرة واسعة في استعمالها أغلفة واقية وجذابة تحفظ فيها المأكولات و القمصان ومختلف السلع الأخرى. و تمنع أنواع السولوفان غير القابلة للبلل جفاف المواد التي تحفظ فيها. ومن الناحية العلمية يتكون السولوفان من رايون الفيسكوز المعروف على هيئة أفلام رقيقة.

وإذا أذيبت نترات السليولوز في أخلاط من المذيبات المختلفة "ويعتبر بعضها من المستحدثات الصناعية الحديثة" فإنها تنتج اللاكيه الذي ينافس البويات والورنيشات منافسة خطيرة. وتبدو السيارات المدهونة به أكثر جاذبية ولمعاناً من مثيلاتها التي كانت تطلى بالبويات الأخرى. وجدير بالذكر أنه كانت هناك صعوبة كبيرة في استخدام هذا اللاكيه في بادئ الأمر،

إلى أن تمكن منتجوه من تقليل لزوجته. فإذا كان اللاكيه سائلاً نوعاً ما احتاج الأمر إلى عدة طبقات منه، أما إذا كان لزجاً فإنه يتعذر رشه. ويستعمل اللاكيه بسهولة وسرعة مما جعله أرخص من البويات الأخرى.

ولقد أدى اكتشاف الجلود الصناعية _المصنوعة من شرائح اللاكيه القوي وغير القابل للبلل والتي يمكن تلوينها بالأصباغ الجميلة_ إلى منافسة الجلود الطبيعية. و تصنع هذه الجلود برش الأقمشة السميكة بطبقة بعد أخرى من اللاكيه المطلوب، ثم تمرر بين اسطوانات ثقيلة مطرزة برسوم بارزة منقولة عن جلود التماسيح والثعابين وغيرها من الحيوانات. ويرجع الفضل في نعومة شرائط القبعات وأحذية الرقص إلى الجلود الصناعية، ومن هذا يبدو أننا ما كنا لنستمتع بالحياة الحديثة بما فيها من متع وراحة لو لم تكن هناك مشتقات السليولوز.

وتبدو فوائد السليولوز ومشتقاته رغم أهميتها كالأقزام إذا ما قورنت باستعمال ألياف السليولوز في صناعة الورق. فلولا الورق لانحصر التعليم في فئة قليلة من الناس، ولشابهت المكتبات تلك الساحات التي كانت مستعملة في صناعة الطوب في العصر البابليوني، حيث تمثل لوحات الطين صفحات الكتب أو لفائف جلود الحيوانات التي تذكر القارئ بالمدابغ. ولا يعتبر البردي المصري المصنوع من العيدان المشقوقة بعد دقها ورقاً بالمعنى المعروف، وذلك بخلاف الورق الذي عرفته الصين منذ ألفي عام، والذي كانوا يصنعونه بعجن لب الخشب المدقوق ثم تصفيته على مناخل. ويتم بهذه الطريقة جدل ألياف السليولوز على شكل حصيرة متينة ثم عصر هذه الحصيرة بعد تصفية الماء كما يحدث تماماً في أيامنا هذه في صناعة بعض الأنواع الخاصة من الورق يدوياً. ويرجع الفضل في إدخال صناعة الورق في أوروبا إلى أهل مراكش. وفي عام ١٧٩٩ اخترع فوردينيه في فرنسا آلة لصنع الورق تتم فيها مراحل الصناعة بطريقة آلية ومستمرة. وقد أحدثت هذه الآلة ثورة في صناعة الورق وساعدت على نشر العلم والمعرفة بين العامة. ولا تختلف طريقة عمل هذه الآلة المدهشة في المبادئ الأساسية عن الطريقة اليدوية التي صنع بها الصينيون القدماء الورق.

وتستطيع آلة صنع الورق الحديثة أن تحول عجينة من الورق تمر في جميع مراحل الإنتاج حتى تصل إلى إنتاج نهائي عرضه ١٧ قدماً بسرعة ١٢٠٠ قدم في الدقيقة.

ويصنع أجود أنواع الورق من أثمال الكتان البالية "الذي لا يخرج عن كونه سليولوزاً". ولما كانت كمية أعمال الكتان والقطن محدودة، فإن مصانع الورق تستهلك كميات كبيرة إضافية من لب الخشب. وتحتاج صناعة الورق إلى عدة عمليات ميكانيكية وكيميائية لتجهيزه.

وقد علم شارلس هارفي أهالي جنوب أمريكا كيفية صناعة الورق الجيد من خشب الصنوبر، وبذلك عمل على إيجاد صناعة جديدة في الجنوب منحت أهله الاكتفاء الذاتي.

هذا و تعتبر خيوط النايلون التي حلت محل الكثير من الحرير الطبيعي في الأسواق، عاملاً هاماً في المعاملات الدولية. ولقد أدى رواج هذه الخيوط إلى الحد من إنتاج الحرير الطبيعي في اليابان.

و تغزل خيوط النايلون من مادة راتنجية تحضر بالتكثيف والبلمرة حتى يصبح لها وزن جزيئي كبير وتكتسب صفات الألياف تحت ظروف مناسبة. ويمكن تحضير هذا البلاستيك على هيئة ألياف أو شرائط أو شرائح أو عيدان. ويعتبر المركب الذي له وزن جزيئي ٧٠٠٠ أنسب المركبات الصناعة الألياف.

وتعتبر منسوجات النايلون المستعملة في مظلات الباراشوت وحبال النايلون التي تستخدم في النوافذ والستائر الشفافة التي يستخدمها الطيارون وشعر النايلون المستعمل في فرجون الأسنان والنايلون المستعمل أغطية لمقاعد السيارات وخيوط النايلون في مضارب التنس وكذلك جوارب النايلون من المستحدثات الهامة.

وما ألياف الفينيون التي تغزل خيوطاً أدق من الحرير إلا مواد راتنجية أو بلاستيك. وتدخل هذه الخيوط في صناعة الجوارب والملابس غير القابلة للاحتراق والشباك المقاومة للأحماض والقلويات وستائر الحمامات.

هذا وقد حلت حبال الرايون القوية محل حبال القطن في صناعة الإطارات الحربية. ويتطلب الإنتاج الحربي كميات كبيرة من هذه الحبال قد تصل إلى ١٥٠ مليون رطل.

الفصل الثامن عشر

الصراع بين الإنسان والحشرات

كانت الزواحف الهائلة في عصور ما قبل التاريخ تطوف وجه الأرض متحدية كل من يصادفها. إلا أنها انقرضت لعدم قدرتها على تكييف نفسها مع ظروف البيئة المتغيرة المحيطة بها. ثم جاء الإنسان ليعمر الأرض، بينما انقرضت الحيوانات الأولى كالمستودون، و تفوق على الحيوانات الكاسرة كالأسود والنمور والفيلة.

ولقد برهن الإنسان حقاً على أنه ند للحيوانات الجبارة، ولكن هل يمكنه التغلب على أعدائه الصغار من فصيلة الحشرات؟

وللإجابة على مثل هذا السؤال نشير إلى التصريح الذي صرح به ل.و هوارد الرئيس السابق لمكتب الولايات المتحدة لمقاومة الحشرات والذي يعتبر حجة في هذا الموضوع: "إذا أريد للجنس البشري أن يستمر في البقاء فعليه أن يتغلب على الحشرات أولا... وربما تطورت الحياة إلى صراع جبار بينهما. وتحبط الحشرات في أمريكا مجهود مليون شخص. وتعتبر الحشرات أكثر استعداداً وتهيئة لاحتلال الأرض من الإنسان، فقد عاشت عليها ٥٠ مليون سنة بينما لا يتعدى عمر الإنسان على الأرض أكثر من نصف مليون سنة".

وربما هدد الجنس البشري طوفان يمحوه من على وجه الأرض، ولكن ماذا يفعل الطوفان لمليون فصيلة مختلفة من الحشرات؟ لقد قاومت الحشرات أسوأ الظروف وربما كانت آخر الكائنات الحية التي تعيش على الأرض؛ إذ يمكنها حجمها الصغير وحركتها السريعة من الاختباء، بينما يعطيها تكاثرها الكبير _رغم الهلاك الذي يصيبها على يد أعدائها_ قدرة هائلة على الاستمرار في الحياة. ولا تعدم هذه الحشرات وسيلة

للسخرية منا مستخدمة حيل الطبيعة من ألوان وأشكال عديدة للتضليل بنا، كما أنها تحتفظ بعظامها خارج الجسم على عكس الفقريات.

وهناك معركة حياة أو موت دائرة بين الإنسان والحشرات تستعمل فيها الحشرات كل أساليب التلف والدمار. فهي تأكل غذاءنا وملابسنا و منازلنا وتنقل الأمراض الفتاكة إلينا. ويقدر فرنولد الخسارة السنوية التي تسببها الحشرات للاقتصاد الأمريكي بأربعة ملايين دولار موزعة على النحو التالي:

محاصيل زراعية	١,٦٦٧,٢٠٠,٠٠٠دولار
حيوانات ومنتجاتها	٨٦٤,٠٠٠,٠٠٠دولار
خسارة نتيجة أمراض الإنسان والوفاة	٧٠٠,٠٠٠,٠٠٠دولار
غابات ومنتجاتها ومواد مخزونة	٦٠٠,٠٠٠,٠٠٠ دولار
أخشاب	٢٠٠,٠٠٠,٠٠٠دولار

ويضاف إلى هذا الرقم الكبير خسارة الفاكهة، ومبلغ ٣٠٠ مليون دولار نتيجة التلف الذي تحدثه عتة الملابس، ومبلغ ١٠٠ مليون دولار ينفقها الأمريكيون على مصايد الذباب.

ولم يقلل و . ث . آلي بجامعة شيكاغو من أهمية الصراع الدائر عندما أوضح في كتابه "تطور اللافقاريات" ما يأتي:

"تشير كل المعلومات المستقاة بدقة إلى أنه إذا لم ندخل في اعتبارنا حجم الحيوانات، فإن الحشرات من مجموعة الأرثروبودا "ذات الأرجل المفصلية" أكثر عدداً على الأرض من الثدييات التي من مجموعة الحبليات الشوكية.

فهذه الحشرات عديدة الفصائل والأفراد وهي منتشرة جداً، وتسيطر على المناطق الأفريقية تقريباً، وهي أكثر مناطق الكرة الأرضية خصباً. ولم تترك للإنسان الفرصة ليمارس نشاطه ويزاول عمله في أمن وطمأنينة، اللهم إلا في بعض الحالات النادرة جداً

كحالة استئصال البعوض من منطقة بناما. أما في المناطق المعتدلة والأقل خصباً، فإن الإنسان يظل دائم اليقظة ليقاوم الحشرات التي تنقل إليه الأمراض وتهدد بإبادة محاصيله ومصادر طعامه. إلا أنه بمضي الوقت سيصبح العصر عصر الإنسان أكثر الفقريات ذكاء ونمواً عقلياً. ولكنه ما زال في الوقت الحاضر معرضاً لسطوة هذه الحشرات".

وما زالت الحشرات الناقلة للأمراض تبث الرعب في قلوبنا. فالبرغوث التافه ينقل مرض الطاعون الدملي من الفئران المصابة والحيوانات القارضة الأخرى إلى الإنسا . وقد تسبب هذا المرض _الذي عرف في وقت من الأوقات بالموت الأسود_ في إبادة نصف سكان أوروبا. وحتى في يومنا هذا فإنه باليقظة المتناهية وحدها يمكن إبعاده عن الموانئ الكبيرة.

والبعوض قاتل آخر يخزنا بخنجر صغير مسمم بميكروبات الحمى الصفراء والملاريا. ويقال إن سبب زوال قوة الجنس الإغريقي العظيم راجع جزئياً إلى الملاريا التي دخلت ديارهم وأضعفت أقوياءهم. وليست قصة الملاريا بالأسطورة القديمة، إذ ما زالت تفتك بالألوف إلى يومنا هذا. ففي عام ١٩٠٠ بلغ عدد الإصابات بالملاريا مليون إصابة في إيطاليا وحدها، وربما كان هناك $1\frac{1}{2}$مليون في أمريكا.

وقد عرقلت جحافل البعوض الناقل للملاريا والحمى الصفراء جهود الفرنسيين في شق قناة في منطقة بناما. ولم يكتب لهذا المشروع النجاح إلا بعد أن شن المهندسون الأمريكيون حملة ناجحة على هذه الحشرات، وبذا أمكن شق هذه المعجزة الهندسية. وشل وباء الحمى الصفراء _مدى

فترة طويلة_ التجارة في جنوب أمريكا وسبب محناً بليغة للفقراء. ومنذ عهد غير بعيد أزهقت الملاريا أرواح ثلاثة ملايين نسمة خلال عام واحد في الإمبراطورية البريطانية، وكان عدد الضحايا أكبر في المناطق الاستوائية. هذا ويرجع الفضل إلى تقدم علم طب المناطق الحارة في تناقص عدد وفيات الملاريا إلى $\frac{1}{2}$ مليون سنوياً في

الإمبراطورية البريطانية.

وما زالت ذبابة تسي تسي التي تنقل مرض النوم الرهيب ليلاً تعرض حياة الإنسان والحيوان في مناطق أفريقيا الاستوائية للخطر. ورغم ما قدمته العقاقير الحديثة لجنود العلم من أسلحة قوية، فإن المعركة ضد ذبابة تسي تسي ما زالت مستمرة.

وتحمل الذبابة المنزلية عدوى حمى التيفود إلى ديارنا. ويرجع الفضل إلى المبيدات الحشرية ومصايد الذباب و العناية الكبيرة بموارد ومصادر اللبن في أننا تقريباً كسبنا المعركة ضد الذباب.

ومن متناقضات العلم الحديث الذي حسن طرق المواصلات ودول التجارة وروجها، أنه جلب إلى شواطئ أمريكا تلك الحشرات النهمة التي فرضت ضريبة باهظة على كل حقل وغابة و بستان. ويجرى حالياً تفتيش الطائرات التي تعبر حدود الولايات المتحدة بحثاً عن الأعداء الصغيرة من الحشرات. هذا وقد تسببت ذبابة القمح التي دخلت أمريكا مع علف الجياد بواسطة الجنود الأجانب إبان الثورة الأمريكية في ضياع الملايين من الجنيهات قبل أن يتمكن الأمريكيون من القضاء عليها. ومازالت فراشة جيبسي التي دخلت أمريكا مصادفة عام ١٨٦٩ تستشري أضرارها رغم ملايين الدولارات التي تنفق سنوياً على مقاومتها.

و تعتبر دودة لوز القطن التي عبرت الحدود من مكسيكو عام ١٨٩٤ أكثر الغزاة إتلافاً. فهي تأكل القلب اللدن للوزة القطن الصغيرة، مسببة خسارة عدة مئات الملايين من الجنيهات سنوياً خاصة في الجنوب. هذا وينضم حفار القمح إلى قائمة الضيوف الجديدة غير المرغوب فيها، مضيفاً عبئاً جديداً إلى قائمة الأعباء الثقيلة التي يتحملها المزارع الأمريكي. هذا بالإضافة إلى خنفساء ورق الدردار والخنفساء اليابانية والنطاط التي لا تعطيه مهلة في الصراع الذي لا هوادة فيه.

وتتجدد غارات الجراد على مصر من آن لآخر، وقد أحدثت هذه الغارات من ثلاثين سنة خسائر باهظة في شمالي و شرقي أفريقيا وأواسط أمريكا. ويطير الجراد في

حشود هائلة بلغ طول إحداها في روديسيا ستون ميلاً وعرضه ١٥ ميلاً وكثافته ٢٠٠ قدم. هذا وقد أنقض نظيره الأمريكي "النطاط الغربي" المعروف بطول مدى طيرانه على الحقول والمزارع في جنوب داكوتا ونبراسكا والتهم كل المحصول الأخضر. وكانت الحالة سيئة جداً ما بين عام ١٨٧٣،١٨٧٦ عندما بدت تجمعات النطاط وكأنها سحب داكنة تأكل كل ما يصادفها، فخربت وأتلفت ولايات بأسرها غرب المسيسبي.

وكثيراً ما يخطر على بالنا هذا السؤال "هل نحن عزل أمام هذه الحشرات وغيرها من الهوام الضارة؟" والجواب على ذلك _لا_ فبالرغم من الحقيقة الماثلة وهي أن الخطر زاد في السنوات العشر الماضية، فإن العالم تنبه واستعد بمدفعيته الثقيلة من كيميائيات سامة وطفيليات وحشرات تهاجم الحشرات الضارة وحجر زراعي و تحسين طرق الزراعة واستنباط سلالات جديدة من النباتات تقاوم الآفات.

ويقوم الكيميائي بدور هام في المعركة ضد الحشرات خاصة في أطوارها الحادة. فهو يقدم للولايات المتحدة ما يقرب من ٧٥ مليون رطل كل عام من زرنيخات الكالسيوم وزرنيخات الرصاص وأخضر باريس، هذا بالإضافة إلى الزيت المستعمل في رش البرك التي يتكاثر فيها البعوض وحامض الهيدروسيانيك "ك ن يد" في رش حدائق الموالح في كاليفورنيا والكبريت الجيري في رش البساتين و ثاني كبريتيد الكربون والفورمالدهايد في رش بذور الإكثار وبارا دايكلوروبنزين في رش الخوخ ومسحوق ال د.د.ت وغيرها من المركبات الكيميائية.

هذا ويعتبر البحث العلمي في هذا المجال الحيوي بحثاً مثمراً يعود على الإنسانية بأجل الخدمات، فهناك عدة معضلات تنتظر حلولاً. نذكر منها على سبيل المثال مواد الرش الزرنيخية التي تضر التربة وتجعلنا نفكر كثيراً في احتمال تلوث الفاكهة غير المغسولة بالأثر الضئيل، مما يجعل اكتشاف مركبات جديدة سامة للحشرات وغير ضارة للحيوان في الوقت نفسه ضرورة ملحة. ويبدو في الوقت الحاضر أن فلوريدات السليكون _التي تنتج ثانوياً في تحضير سماد السوبر فوسفات_ ربما تتوافر فيها هذه الصفات المرجوة. إلا أن المادة المرموقة فعلاً هي مادة بيضاء بلورية تسمى روتينون

تستخلص من نبات ينمو في البرازيل. وهي أقوى من النيكوتين ثلاثين مرة في مقاومة حشرة المن، إذ تعافها اليرقات كما تعاف زرنيخات الرصاص تماماً بل وتمتاز عنها بأنها غير ضارة لحيوانات المزرعة إطلاقاً. وتنحصر المشكلة الآن في زراعة هذا النبات البرازيلي بكميات كبيرة أو تأليف مركب الروتينون كيميائياً في المعمل بأسعار مناسبة. هذا وقد أمكن معرفة التركيب الكيميائي لجزيء الروتينون الذي يتأثر بضوء الشمس، وبذلك زاد الأمل في تحضير أحد مشتقاته التي لا تتأثر بالضوء.

وفي عام ١٩٣٥ وضعت مصلحة الزراعة الأمريكية حداً على كميات المواد السامة المسموح بها في التفاح والفواكه المرشوشة الأخرى، وذلك لتشجيع البحث العلمي من أجل إيجاد مواد رش فعالة وغير ضارة.

الزرنيخ	٠١٠, قمحة للرطل "١,٤ جزء في المليون"
الرصاص	٠١٨, قمحة للرطل "٢,٥ جزء في المليون"
الفلورين	١٠, قمحة للرطل "١,٤ جزء في المليون"

وتستخلص من نبات البيرثيريم المعروف مواد كيميائية قاتلة لعدد كبير من الحشرات، وتأثيرها السام على الحيوانات الراقية ضعيف أو معدوم. وتدخل هذه المواد في تركيب مواد الرش أو التعفير المستعملة ضد الذباب.

ولقد كانت هناك مساحات واسعة في جنوب وجنوب غرب أمريكا ينتشر فيها قراد الماشية بصورة تجعلها غير صالحة لتربية المواشي. ولم يتم استغلال هذه الأراضي إلا بعد اكتشاف محاليل تحتوي على أرسينيت الصوديوم وكريسيلات الصوديوم "من قطران الفحم" والصابون. هذا وقد كان لاستراليا خبرة مماثلة في هذا الموضوع.

ومن الطرق القياسية الإستراتيجية التي يقوم بها الإنسان للتغلب على هذه الآفات، تعفير حقول القطن بزرنيخات الجير بمضخات الرش أو بالطائرات من الجو، ورش البساتين وتعفير تجمعات البعوض بأخضر باريس بالطائرات، وكذلك غابات الصنوبر من الجو أو بالتدخين بدخان المواد الزرنيخية بالشموع أو الشعلات المضيئة. ورغم كل

هذا فإن هناك بعض الحشرات القوية المنيعة، والتي يمكن أن تقرض إحداها الغلاف الرصاصي الذي يغطي الكابلات الكهربية.

ولقد فرضت حكومة الولايات المتحدة حظراً دقيقاً على استيراد قائمة طويلة من النباتات المرغوبة خاصة بعد أن اكتشفت أن الكثير من الآفات الحشرية _التي كلفت اقتصادها الكثير_ دخلت البلاد بهذه الطريقة.

و آخر هذه الأعداء في القائمة الأرض "سوس الخشب" والمسمى خطأً بالنمل الأبيض والذي نعرف عنه القليل. وتهدد هذه الآفات الضئيلة المثابرة جميع المنازل المبنية من الخشب، إذ تنخر إطارات النوافذ والدعائم الخشبية. وترجع خطورة هذه الحشرة إلى صعوبة التحقق من وجودها داخل عروق الخشب، بينما تكون هذه العروق على وشك التداعي.

ورغم أن هذه الحشرة آفة استوائية بعيدة عن الولايات المتحدة ولا تشكل خطراً مباشراً عليها، فإنها منتشرة فيها انتشاراً واسعاً وتسبب تلفاً كبيراً للمنازل الجميلة في المنطقة المجاورة لواشنطن وإنديانا بوليس. وتبلغ الخسارة الناتجة عن هذه الحشرة ٧٥ مليون دولار سنوياً، وسوف يتضاعف هذا الرقم عدة مرات قبل مرور سنوات.

وقد هاجمت هذه الحشرات مبنى الكونجرس الأمريكي وأكلت سندات الحكومة في مكتب سك العملة. ويبدو أنها تهوى الاستزادة من العلم والمعرفة بدليل أنها نخرت الكتب والمجلدات في إحدى جامعات مدينة نيويورك. وتسبب هذه الحشرة قلقاً بالغاً للشركات الأمريكية مما دعا إلى تعاون ستين منها على القيام ببحث جماعي مشترك ضد هذه الآفة الحشرية.

وهناك نوع آخر من هذه الحشرات يسمى "رتيكيلوترميس" يعيش على الخشب والرطوبة والظلام. إذ يدخل الدعامات الخشبية من أماكن ملامستها للتربة الرطبة ويختبئ في قلب الخشب دون أن يرى. وإذا فرض وكان الخشب بعيداً عن الأرض، فإن هذا السوس يحفر دهاليز طينية فوق سطح الأساس المسلح حتى يصل إلى السليولوز

الذي يشتهيه. ويقول الدكتور ت.ى. سيندر إن معظم السوس يحتاج إلى منفذ يوصله برطوبة التربة، فإذا منعت من الوصول إلى غرضها _وذلك بقطع خطوط تموينها كلما أمكن ذلك_ فإنها تموت من الجفاف. إلا أن الطريقة المثلى هي الحيطة عند تشييد المنازل، وذلك بمعالجة جميع أخشاب العتبات والعروق الخشبية الثقيلة التي تكون هيكل المنزل بكريوزوت قطران الفحم أو كلوريد الزنك تحت ضغط. وتعمل الأمطار على غسل كلوريد الزنك من الألواح الخارجية فلا تبقى إلا الألواح الداخلية فقط مشبعة. أما الكريوزوت فله رائحة قوية نفاذة، ولذا فهو يحتاج إلى طلائه بطبقة أو أكثر من طلاءات الألمونيوم الحديثة. هذا وقد أمكن حديثاً تحضير مركب جديد بتقطير الكريوزوت قوى المفعول وعديم اللون والرائحة في الوقت ذاته.

وبمجرد أن يبدأ السوس في نخر الخشب غير المحصن فإن الأمل يضعف في مقاومته. فطلاء الخشب من الخارج بالكريوزوت عديم الجدوى، إذ يجب أن تعالج الأخشاب بالكريوزوت في اسطوانات تحت ضغط مرتفع حتى تتشبع وتنتشر المادة داخل أنسجة الخشب.

وترجع شدة بطش السوس إلى تنظيماته الرائعة التي تشبه تنظيمات النمل والنحل، فهناك الملكة والذكور والشغالة غير المخصبين. وتدرب اليرقات الصغيرة لتشغل أية وظيفة، أما الجنود الأقوياء فيعملون على حماية المجموعة من النمل الذي هو ألد أعدائها.

وأخيرا فليست جميع الحشرات ضارة، فهناك حشرات نافعة تفترس الحشرات الضارة، كما لا يجب أن ننسى أننا مدينون بالكثير لدودة الحرير والنحل.

الفصل التاسع عشر

الوقود والدخان

منذ قرنين من الزمان كان سكان العالم ثلث ما هم عليه الآن، وكان الخشب هو المصدر الوحيد الهام للوقود. ولكن بازدياد السكان لم يعد الخشب وحده يكفي. وحتى في أيام الملكة إليزابيث الأولى كانت الغابات تجتث للانتفاع بأخشابها وتنمو في نفس الوقت صناعة استخراج الفحم من مناجمه. بل إن عاصمة الحبشة كانت إلى عهد قريب تنتقل من مكان إلى مكان كلما نفدت أخشاب الحريق من المناطق المجاورة لها.

ويعتبر الفحم والبترول والغاز الطبيعي المصادر الأساسية للوقود في عصرنا الحاضر ومن المحتمل أن يضاف إليها مستقبلاً الطاقة الشمسية لإدارة المحركات والمحطات الكهربية. وكذلك تغرينا الطاقة الحرارية الهائلة الناجمة عن انحلال المعادن المشعة بأن ندخل في الاعتبار انطلاق الطاقة الهائلة المحبوسة في ذرات العناصر المختلفة. وعلى أسوأ الفروض قد يفضي الأمر بنا إلى النظر إلى المزرعة كمصدر للطاقة. ومن أمثلة ذلك ما نعلمه من أن محصول الفدان من قصب السكر يغل في المتوسط أربعة أطنان من السكر تكفي لإنتاج حوالي ٢٥٠ جالوناً من الكحول، وهو مقدار من الوقود يكفي لدفع سيارتين صغيرتين مسافة ٨٠٠٠ ميل سنوياً.

وقد تسبب السباق الدولي من أجل التفوق في استنباط مصادر للطاقة إزعاج للمصالح والعلاقات الدولية. ورغما عن ذلك فقد انتفع العالم من هذا الصراع في النهاية. ولم يكن للفحم نصيب يذكر في هذا السباق خلال الأعوام الثلاثين الأخيرة، بينما خطا زيت الوقود والغاز الطبيعي والطاقة المائية خطوات جبارة. فمنذ ثلاثين عاما مضت كان توزيع القوى الآلية في الولايات المتحدة على النحو التالي: الفحم ٧٥٪ والزيت ١٤٪ والغاز الطبيعي ٤٪ والطاقة المائية ٧٪. أما الآن فقد تراجع مركز الفحم

إلى ٥٠٪ فقط من مجموع الطاقة في العالم.

وقد قدر أنه في عام ١٩٥٦ ستكون مصادر الطاقة في الولايات المتحدة موزعة على النحو التالي: ٢٩٪ فحم ، ٤٢٪ بترول، ٢٥٪ غاز طبيعي و٤٪ قوى مائية.

وإذا ما شبهنا الطاقة المنبعثة من شلال مثل نياجرا بجياد بيضاء وتلك التي تنبعث من مناجم الفحم بجياد سوداء تتسابق كلها في حلبة للسباق، فإن النصر سوف يكون حليفا للجياد البيضاء.

ويرجع عهدنا باشتعال الغاز الطبيعي إلى زمن بعيد. فالنار الخالدة التي عبدها عبدة النار من الهنود منذ ٢٥٠٠ عام لم تكن سوى لهب للغاز الطبيعي المندلع من فجوات الصخور في مناطق البترول. وقد حفرت أول بئر للغاز في عام ١٨٢١ بالقرب من فريدونيا بنيويورك. وقد أعترت الدهشة لافاييت بعد ذلك بثلاثة أعوام عندما رأى ضوء الغاز يغمر حجرته. ثم بدأت الصناعة الحقيقية لهذا الغاز بعد ذلك بخمسين عاما في بنسيلفانيا. وقد شهدت العشرون سنة الماضية نمواً وازدهاراً كبيرين في هذه الصناعة لم يسبق لها مثيل. ويعلل التغير الجديد الذي طرأ على هذه الصناعة بالموارد الهائلة في تكساس وكاليفورنيا والولايات الأخرى والطرق الجديدة في صناعة الأنابيب ذات الضغط العالي. ويتدفق الغاز حالياً في أنابيب ضخمة من منابعه في تكساس والولايات المجاورة إلى نيويورك وشيكاغو وكاليفورنيا والمناطق المجاورة. و بينها تنعم شيكاغو بالراحة والنظافة نتيجة إحراق ٥٠٠ مليون قدم مكعب من الغاز الطبيعي يومياً، نجد أن أمريكا بأسرها تحرق عشرة ملايين قدم مكعب سنوياً.

ويوجد الغاز الطبيعي مجاوراً لحقول البترول. ويبدو هذا طبيعياً لأن هذا الغاز هو أخف الأجزاء الطيارة المكونة للبترول. ويكون الميثان " ك يد٤" الجزء الأكبر منه، أما الباقي فمعظمه إيثان "ك٢ يد٦". بينما يتكون البترول السائل من خليط من عدة "هيدروكربونات" متشابهة أو مركبات من الأيدروجين والكربون مكونة من جزيئات ثقيلة وأقل تطايراً. ويلاحظ أن الرمز الكيميائي للميثان هو:

يد   يد   يد
| | |
يد – ك – يد. **وللإيثان هو** يد – ك – ك – يد
| | |
يد   يد   يد

وتتصل ذرات الإيدروجين بذرات الكربون بخطوط تساعد على فهم الروابط التي تجمع الذرات ببعضها البعض في الجزيء. ولكل ذرة كربون أربعة منها. ويعزي العدد الضخم من مركبات الكربون والذي قد يصل إلى نصف مليون مركب إلى أن الكربون رباعي التكافؤ. وإذا نظرنا إلى الهيبتان مثلاً نجد أن رمزه الجزيئي "ك$_{٧}$ يد$_{١٦}$". وهكذا نجد رمزاً عاماً هو "ك$_{ن}$ يد$_{٢ن+٣}$" تنتمي إليه مجموعة كبيرة من المركبات، من أمثلتها ك يد$_{٤}$، ك$_{٢}$يد$_{٦}$، ك$_{٣}$يد$_{٨}$... الخ. وهناك مجموعات أخرى معروفة من الإيدروكربونات كل منها له علاقة خاصة تجعله ينضوي تحت لواء مجموعة دون أخرى، وهذا يعني ضرورة وجود نظام عام وتكوين هائل.

ويعتبر الميثان أبسط الهيدروكربونات المعروفة. وبإحلال ذرات الكلور أو أي فلز آخر نشط محل ذرة أو أكثر من ذرات الأيدروجين في جزيء الميثان أو الإيثان ثم معالجة الناتج كيميائياً يمكن تأليف هيدروكربونات أو مشتقات منها أثقل من الجزيء الأصلي. كما نصادف مركبات طويلة السلسلة في كيمياء الكربون ومن أبسطها الهيبتان.

يد   يد   يد   يد   يد   يد   يد
| | | | | | | |
يد – ك – ك – ك – ك – ك – ك – ك – يد
| | | | | | | |
يد   يد   يد   يد   يد   يد   يد

ويمكن لعالم الكيمياء العضوية أن يبني من الكربون سلاسل طويلة ومتشبعة لتنتج

مركبات عديدة. ولكن إذا ما حاولنا ذلك في السيلكون "وهو رباعي التكافؤ مثل الكربون" نجد أننا لا يمكننا أن نحصل إلا على مركبات ضئيلة العدد.

حقاً إن كيمياء الكربون أو الكيمياء العضوية فريدة من نوعها، وليس لها منافس إطلاقاً.

ويعتبر البترول من الناحية الاقتصادية "الذهب السائل" الذي يسير معظم الأساطيل التجارية و الحربية والسيارات والطائرات والكثير من القاطرات، كما أنه يزود المنازل الريفية بالإضاءة وآلات المزرعة بالوقود ويبعث الدفء في المنازل والمكاتب وهو مصدر التشحيم لكل الآلات تقريباً.

وقد قام دريك في عام ١٨٥٩ بأول محاولة لحفر بئر بقصد الحصول على البترول، وكان ذلك بالقرب من بنسليفانيا بأمريكا، وكان الزيت قد أتلف ملاحات هذه المنطقة منذ عام ١٧٢٩. كما عرفه أيضاً هنود سينيكا كدواء فكانوا يغمرون البطاطين في طبقة الزيت العائمة فوق أحواض المياه لتمتص الزيت ثم يعصرون الزيت فيما بعد ليستعملوه في العلاج.

ولم تعد صناعة البترول طفلاً يحبو بل إنه أصبح عملاقاً جباراً. ويستثمر فيها مئات الملايين من الجنيهات. ويتدفق منها في سنوات الرخاء بأمريكا ما يقرب من ٢٧٥٠ برميلاً كل عام أي ما يعادل نصف إنتاج العالم تقريباً. وكذلك تملك فنزويلا والعراق ومناطق أخرى في الشرق الأوسط وروسيا حقولاً غنية بالزيت. ويمر بإنتاج الزيت فترات يزيد فيها الاستهلاك العالمي ولكنها ظروف طارئة. والمعتقد أن هذه الثروة التي لا تعوض سوف يحتاج إنتاجها إلى عملية تنظيمية تمكن من التحفظ عليها قدر الإمكان.

ولا تخرج عملية تكرير البترول عن كونها سلسلة عمليات تقطير تبد بالحرارة المباشرة ثم تستمر بالبخار.

وإنه لمن العسير أن تصدق أنه حتى عام ١٩٠٦ كان الكيروسين المستخدم في الإضاءة هو ناتج التكرير الأولي. إلا أن الوضع تغير الآن فأصبح وقوداً السيارات

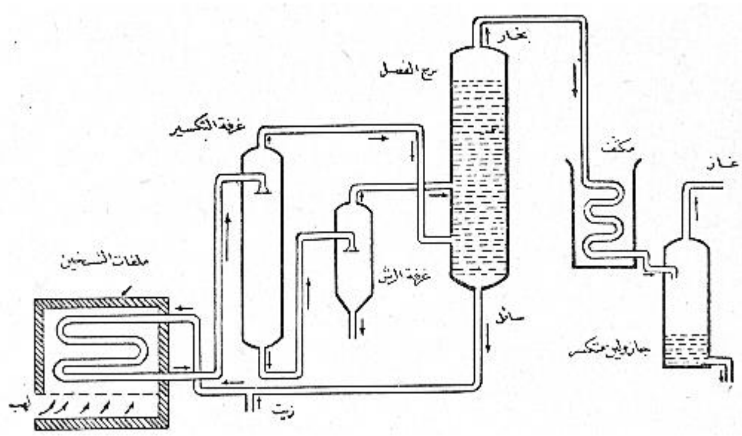
"الجازولين" هو الناتج الأولي ولو أن زيوت التشحيم هامة، كما أن زيت الوقود مطلوب بكميات كبيرة. ويسير حالياً إنتاج المواد الأساسية لعملية التقطير بأمريكا على النحو التالي في المتوسط:

جازولين "ونافتا"	٤٢٪ من الزيت الخام
كيروسين	٥,٣٪ من الزيت الخام
زيت وقود وزيت غاز	٤٠,٢٪ من الزيت الخام
مواد تشحيم	٣,٧٪ من الزيت الخام

وقد أدخل بيرتون قبل الحرب العالمية الأولى مباشرة طريقة تكسير الجزيئات الثقيلة وغير المرغوبة الموجودة في المركبات ذات درجة الغليان المرتفعة إلى الجزيئات الصغيرة التي تكون الجازولين "ك$_{6}$ يد$_{14}$ ،ك$_{7}$ يد$_{16}$ ،ك$_{8}$ يد$_{18}$ " وبذلك ضاعف إنتاج الجازولين تقريباً. وقد أدت مضاعفة الإنتاج إلى تخفيض سعر الجازولين بما يتناسب ودخل المستهلك العادي.

وتتلخص الطريقة المتبعة في تسخين الزيت في درجة حرارة ٣٧٥ مئوية وتحت ضغط ١٠٠ رطل فتتكسر الجزيئات الكبيرة و تنفصل عن بعضها البعض. وقد أدخلت فيما بعد تحسينات عظيمة على طريقة بيرتون الأصلية.

وفي بعض المصانع تشيد الأبراج من الصلب على هيئة مدافع لتتحمل ضغوطاً قد تصل إلى ١٠٠٠ رطل أو أكثر ودرجة حرارة ١٠٠٠ فهر نهيت. وتحتاج الولايات المتحدة في السنوات العادية إلى ٣٠ ألف مليون جالون من الجازولين، ولكنهم قلة أولئك الذين يعرفون أن أكثر من عشر هذه الكمية ينتج عن تكثيف الغاز الطبيعي مضافاً إليه بعض مواد أخرى.



"عملية تكسير البترول"

ومن الصناعات الكيمائية الحديثة إمرار غاز الأيدروجين تحت ضغط عال ليتحد مع الجزيئات المتكسرة، أو بلمرة الجزيئات الصغيرة "بناء مجموعات كبيرة من وحدات صغيرة" لتنتج جازولينا ذا رقم أوكتين عال، أو تحويل الجزيئات ذات السلسلة المستقيمة إلى جزيئات ذات سلاسل متفرعة لها صفات مقاومة عالية "للاشتعال المفاجئ" أو تحول إلى مركبات حلقية مثل التولوين الذي يستخرج من تقطير الفحم.

ولا يخرج الغاز المعبأ "المعروف في مصر تحت اسم البوتاجاز" و الذي يباع كوقود غازي للاستعمال في المنازل والقرى الصغيرة عن كونه بيتافا "ك$_4$ يد$_{10}$" وهو ناتج ثانوي في عملية تكرير الزيت أو في عملية استخلاص الجازولين من الغاز الطبيعي. وهو كما نعلم معبأ في اسطوانات من الصلب، وفيها يعامل بالضغط حتى يتحول إلى سائل، إذ أن من صفاته أن له درجة تطاير أعلى من أن نستطيع معها حفظها في مستودعات الغاز وأقل نسبياً مما يسمح باستخدامه كوقود للسيارات. ويباع من هذا الغاز بأمريكا ومن غاز البروبان "ك$_3$ يد$_8$" الأكثر تطايراً كميات كبيرة قد تصل إلى أربعة بلايين جالون سنوياً، وما زالت السوق تستوعب كميات أكبر. ومنذ ثلاثين عاماً كان المباع منه لا يتعدى مليون جالون فقط.

وعندما ينفد الزيت في أمريكا فسوف تقطر أحجار الطفل المحتوية على النافتا في كاورادو وإنديانا وأماكن أخرى وتحول كيميائياً إلى بترول بمعدل برميل زيت من كل طن هذه الأحجار. وفي كل ميل مربع من الألف وخمسمائة ميل الموجودة في منطقة كلورادو وحدها يمكن استخلاص ٢٤ مليون برميل من الزيت، مما يبشر باستمرار صناعة السيارات الواسعة.

ومازال الفحم بمثابة العمود الفقري للطاقة، وذلك رغم المنافسة الشديدة التي يلقاها. ويستهلك العالم ١٥٠٠ مليون طن منه في كل سنة من سنوات الرواج، تنتج الولايات المتحدة وتستهلك وحدها ثلث هذه الكمية. وبعض هذه الكمية يحرق كغبار بعد مزجه بالهواء داخل غرف الاحتراق، وهكذا اخترع ما يسمى بآلات احتراق الغبار، وأصبح لها دور هام في الاقتصاد.

وقد أدى استخدام الغلايات التي تعمل بحرق الفحم الناعم أو التي تستخدم رشاشات الجاز إلى زيادة حجم المراجل بدرجة كبيرة. ويكفي أن تعلم أن مرجل أديسون في نيويورك وقوته ٣٥ ألف حصان يبلغ إنتاجه مليون رطل من البخار في كل ساعة. ويوم تدشينه أقيمت حفلة غداء في داخله حضرها سبعة و تسعون، كانوا ينظرون إلى المواسير المتشعبة من حول رؤوسهم وكأنها أغصان أشجار في غابة أو مبنى كنيسة كبرى على الطراز القبطي.

وسوف تمر قرون قبل أن تنفد موارد الفحم، وعندئذ سنلجأ إلى رواسب اللجنايت "الفحم المعدني" أو الفحم البني الهائلة الموجودة في داكوتا الجنوبية وأماكن أخرى. وإنه لمما يبعث على الطمأنينة وجود مخرج كلما تحرجت الأمور.

ويحضر فحم الكوك اللازم لصناعة الصلب بالتقطير ألإتلافي للفحم الحجري. وقبل الحرب العالمية الأولى كان لألمانيا قصب السبق على الولايات المتحدة في استخدامها لجميع الغازات الناتجة من أفران فحم الكوك.

ويعتبر غاز الفحم الناتج عن التقطير وقوداً جيداً كثير الاستعمال في المدن. أما

النشادر المستخلص من هذه العملية فإنه يحول إلى كبريتات النشادر المستعملة كسماد. وهناك العديد من المواد الكيميائية الناتجة عن عمليات تقطير الفحم أمكن تحويلها إلى أصباغ وعقاقير و مواد مطهرة ومفرقعات ومواد تحفظ الخشب. وأما البنزين "البترول" المتطاير فإنه يستعمل كمادة أولية تدخل في عدة صناعات كيميائية متداخلة ومعقدة.

كما يستعمل أيضاً بنجاح وقوداً "مضاداً للتصادم المفاجئ". أما القار المتخلف عن عملية التقطير فإنه يستخدم في رصف الطرق.

وفي عام ١٨١٢ فقط تمكن مردوك من إضاءة شوارع لندن بغاز الفحم، وسرعان ما تلتها باريس ثم بدأت بالتيمور بأمريكا في إضاءة شوارعها بهذا الغاز في عام ١٨١٦.

وينتج الطن من الفحم ما يقرب من ١٤٤٠ رطلاً من فحم الكوك أو ٧٢٪ من وزنه، وكذا تسعة جالونات من القطران و ٢٢ رطلاً من كبريتات النشادر و $2\frac{1}{2}$جالون من البنزول الخام وعشرة آلاف قدم مكعب من الغاز، يستخدم نصفها تقريباً في تسخين أفران الفحم نفسها، ويتبقى بعد ذلك خمسة آلاف قدم مكعب تستعمل وقوداً.

وإذا أردنا أن نحصر مصادر الوقود الغازي لوجدنا الغاز الطبيعي وغاز الفحم الناتج من أفران الكوك وغاز الماء الناتج من تفاعل البخار وفحم الكوك "يد$_2$ + ك أ" والغاز المولد الرخيص الذي يحضر بدفع الهواء والبخار في طبقات من الفحم سمكها من خمسة إلى ستة أقدام. وعندما تحترق هذه الغازات جيداً فإنها لا تعطي دخاناً.

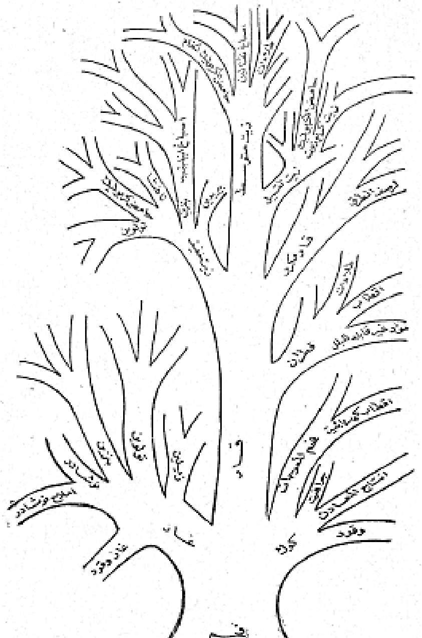
وتعطي سحب الدخان الداكنة فوق المدن فكرة للزائر عن رواج وانتعاش المدينة، وهي في نفس الوقت تشوه جمال المدينة و تؤثر في صحة سكانها وملابسهم و أبنيتهم، كما تسبب تآكلاً للأبنية والأسمنت المسلح والحديد عن طريق حامض الكبريتيك العالق بها. أضف إلى ذلك أن المادة القارية في الدخان تغطي قطرات الماء في الضباب فتجعله يزداد مكثاً في الهواء.

وتعتبر لندن وبتسبرج من أقذر مدن العالم في هذه الناحية، بينما يتساقط على

شيكاغو وحدها حوالي ٦٠٠ طن من غبار المداخن في كل ميل مربع سنوياً.

ولقد كانت الملكة إليزابيث الأولى تكره الدخان، لدرجة أنها منعت رعاياها من سكان لندن من إحراق الفحم أثناء إحدى دورات انعقاد البرلمان الإنجليزي.

وتستحق مدينة بتسبرج كل تقدير على تلك الحملة القوية التي قامت بها لتنقية دواء المدينة، مما أدى إلى إنقاص رواسب الدخان إلى أقل كمية ممكنة. وكان ذلك عن طريق استخدام المصانع لما يسمى بالوقاد الأوتوماتيكي الذي يغذي بالوقود من أسفله. وكثيراً ما نشاهد النار تندلع من أعلاه عند وضع الشحنات الجديدة من الفحم، وذلك نتيجة لاحتراق غبار الفحم، مما يؤدي إلى انعدام الغبار أو تضاء له إلى درجة كبيرة. وقد أدخلت هذه الفكرة في المنازل حديثاً مما يساعد على الإقلال من تلوث جو المدن برماد الفحم. كما أن انتشار استعمال المشاعل التي تستخدم رشاشات الزيت سوف يساعد كثيراً على تدعيم هذا الاتجاه.



"نواتج تقطير الفحم"

غير أن هناك صناعة واحدة لا تزدهر أو تنتعش إلا على الهباب الناتج من احتراق الغاز الطبيعي في كمية غير كافية من الهواء، والذي تحصل أمريكا منه سنوياً على بليون رطل من الهباب كل عام، وتستخدمه في حبر الطباعة وورق الكربون وكمادة مقوية لإطارات السيارات. وهي صناعة تستهلك كل عام ٧٠٠ بليون قد مكعب من الغاز الطبيعي. ولا يعتبر المسحوق المماثل الناتج عن حرق القطران بديلاً كافياً للهباب وذلك نظراً لكبر جزيئاته.

الفصل العشرون

الكيمياء والسيارة

امتصت صناعة السيارات الكثير من موارد الكيمياء، وذلك لكي تشبع نهمها إلى الوقود وزيوت التشحيم والمواد المستعملة في صناعتها وطلائها. وقد تغيرت تبعاً لذلك الطرق التقليدية المتبعة في تكرير البترول، فأدى ذلك إلى تزويد الأسواق بالكثير من النواتج الكيميائية الثانوية والمركبات الجديدة.

هذا وقد دفع افتقار ألمانيا إلى الثروات الطبيعية، إلى استنباط طرق جديدة لتحويل فحمها الوفير إلى جازولين. و تمشياً مع حاجة صناعة السيارات تحسن إنتاج المطاط في جزر الهند الشرقية وتضاعف إنتاجه عدة مرات وساهم معين الكيمياء الذي لا ينضب في تحسين الإطارات، وزاد عمر الإطار من ٨٠٠٠ ميل في عام ١٩٢٠ إلى ٣٠,٠٠٠ ميل في عام ١٩٥٦. وكان لابد من اكتشاف سبائك من الصلب لتفي باحتياجات القائمين على صناعة البترول وصناعة السيارات. ففي الواقع لو كانت السيارة مصنوعة من الصلب العادي لتحتم أن يكون لها وزن سيارة النقل الثقيلة، لكي يكون لها مستوى معقول من المتانة والقدرة على مقاومة الاهتزازات. كما تطلبت صناعة السيارات إنتاج زجاج غير قابل للكسر بكميات كبيرة و أسعار مناسبة. كما تطلبت أيضاً طلاءات النتروسليولوز التي تستهلك كميات كبيرة من السليولوز وحامض النيتريك وحامض الخليك و مواد مذيبة أخرى.

كما تحسنت صناعة المراكم "البطاريات السائلة" وعليات رصف الطرق. وهكذا حق القول بأن و "الكيمياء صنعت السيارة".

وتعتبر صناعة السيارات أكبر مستهلك للصلب و المطاط والبلور والنيكل

والرصاص والجلد و الحديد المطاوع، ومن أكبر الصناعات استهلاكاً للألمونيوم والنحاس والقصدير والخشب.

ويقتصد "الدوكو" لصاحب السيارة مبالغ كبيرة وذلك في الوقت الذي يعطيه نتائج أفضل. فمنذ أربعين سنة مضت كان الرش بالطلاء من الأمور الصعبة، ولم يكن من المستطاع استعمال طلاءات تحوي أكثر من ٥٪ من نترات السليولوز وذلك راجع لشدة لزوجتها. تم زيدت هذه النسبة أخيراً إلى ٢٢٪،، ويرجع الفضل في ذلك إلى استخدام أنواع قليلة اللزوجة من نترات السليولوز، وإلى طرق المعالجة الخاصة. وبذلك أمكن طلاء السيارات بطلاءات أكثر سمكاً بعدد أقل من الرشات. ولم يعد صاحب السيارة الآن في حاجة إلى أن يتكلف كثيراً نظير التأخير وأجور العمال لرش سيارته بعدة طبقات من الطلاء.

وتعتبر آلة الديزل التي تدار بالزيت الثقيل _بواسطة الضغط العالي بدلاً من الإشعال الكهربي_ زميلة ومنافسة للسيارة في نفس الوقت. وتستخدم هذه الآلة حالياً في محطات توليد القوى وفي بعض البواخر وفي كثير من القطارات وسيارات النقل. وقد أمكن عن طريق البحوث التي أجريت خلال الحرب الأخيرة تقليل وزن هذه الآلة إلى أقل بكثير مما كانت عليه من قبل.

ولم يعد الأمن والطمأنينة في السفر بالسيارات مسألة آلية أو نفسية فحسب، بل أصبحت مسألة كيميائية كذلك. إذ أوضحت الدراسات المستفيضة أن ٧٪ من السيارات تحوي أثناء سيرها كميات خطرة من غاز أول أكسيد الكربون، ذلك الغاز السام الخداع الذي يقلل النشاط الذهني للسائق وكثيراً ما يتسبب عنه الكثير من حوادث الطرق. و يكفي أن تعلم أن عادم السيارات يحتوي على ٧ ٪ من غاز أول أكسيد الكربون.

ولقد كان للنمو الهائل المضطرد في صناعة السيارات تأثير بعيد المدى على الصناعات الكيميائية. ومن الأدلة على ذلك أن الدول الكبرى التي تملك كميات كبيرة

من الفحم وتفتقر إلى البترول، تضطر إلى إجراء الكثير من البحوث العلمية لإبعاد شبح البطالة عن بلادها، ولتكفل لنفسها استقلالاً ذاتياً في وقت الحرب. ومنذ عدة سنوات تمكن "برجس" في ألمانيا من إمرار الإيدروجين تحت ضغط مرتفع وحرارة عالية في اللجنايت "الفحم الناعم" بعد طحنه و خلطه بالزيت الثقيل، وينتج عن ذلك الجازولين وزيت الديزل وزيت الوقود وفحم الكوك.

وقد شجعت الحكومة الألمانية هذه الصناعة على اعتبار أنها من مقومات الاكتفاء الذاتي اقتصادياً وعسكرياً، ولو أن نفقاتها ظلت لعدة سنوات أكبر بكثير من الصناعات المماثلة التي تستخدم البترول مورداً لها. وقد قدر إنتاج ألمانيا السنوي عن هذا الطريق بحوالي ٢٠٠ ألف طن من الجازولين، ولكنه زاد كثيراً في الوقت الحاضر.

وكان شيئاً حيوياً بالنسبة لبريطانيا أن تبني مصنعاً يقوم على نظرية برجس، بدأ إنتاجه في أواخر عام ١٩٣٥ بطاقة إنتاجية قدرها ١٥٠ ألف طن من الجازولين سنوياً. وكان الإنتاج بمعدل أربعة أطنان من الفحم لكل طن من الجازولين. وتتم عملية إمرار الإيدروجين في أوتوكلاف من الصلب المقوى في درجة حرارة ٤٥٠ مئوية وتحت ضغط ٢٥٠ "ضغط جوى"، ولقد كان لتعضيد الحكومة لمثل هذه الصناعة أثر فعال في نجاحها في كل من بريطانيا وألمانيا.

ومن منا كان يحلم بأن صناعة السيارات ستدفعنا إلى استخلاص البروم بكميات كبيرة من المحيطات أو حتى من البحر الميت؟ ولكن الحاجة إلى وقود معتدل الاشتعال يعطي طاقة أكبر اضطرت الكيميائيين إلى تجربة تفاعل غاز الإيثيلين "الناتج الثانوي من عملية تقطير البترول" مع البروم "المستخلص من الملاحات" ليكونا ما يسمى بغاز الإيثيل.

وليس برومور الإيثيلين "$\text{ك}_2\text{يد}_4\text{بر}_2$" إلا مركباً يتكون من إضافة ماء البروم إلى الإيثيلين، وهو مع رابع إيثيل الرصاص ر "$(\text{ك}_2\text{يد}_5)_4$" وغاز الإيثيل يحول الرصاص بعد الاحتراق إلى برومور الرصاص. و هو مادة لا تضر الإنسان ولا تفسد شمعات

الاحتراق.

ويمكننا القول بأنه لولا التحسين الشامل الحديث في طرق تكرير البترول لما كان هنا نصف ما تحتاجه من البترول. وكنتيجة مباشرة لهذا التقدم، أمكن الحصول على منتجات ثانوية عديدة مفيدة للإنسان على الصورة التي أوضحناها من قبل. ولعل آخر أمثلتنا في هذه الناحية ما أمكن إنتاجه من الكحوليات _نتيجة للانتفاع بالنواتج غير المشبعة في عملية تكرير البترول_ وذلك بمعاملتها بحامض الكبريتيك والماء، بالإضافة إلى كيماويات أخرى عديدة منها التولوين والجليسرين و المطاط وغيرها.

الفصل الحادي والعشرون

الأصباغ

منذ ألفي عام كان الملوك والنبلاء الأثرياء يدعون أصحاب الأصل النبيل، وذلك لأنهم كانوا وحدهم الفئة الوحيدة بين الناس، التي يمكنها أن تدفع مائتي جنيه ثمناً للرطل الواحد من القماش القطني المصبوغ بإفراز الموركس الثمين. والموركس هذا عبارة عن محارة صغيرة الحجم تعيش شرق البحر الأبيض المتوسط وتتميز بقدرتها على إفراز صبغة ثاني بروم الأنديجو.

ولما كان الصمت معروفاً عن المحار. فقد بقي سر تركيب اللون الأرجواني لإفرازها محفوظاً على مر السنين، حتى جاء فريد لاندر عام ١٩٠٩ وحلل هذا الإفراز الذي جلب الثراء لتجار مدينة صور القديمة يوماً من الأيام. فوجد أنه يماثل أحد المشتقات المحضرة للنيلة "الأنديجو" المعروفة من قبل ذلك بخمسة أعوام، والتي أهملت لعدم إدراك أهميتها وقت اكتشافها، وهكذا سقط العملاق ولم يعد في وقتنا يرقى لمستوى عاملات المحلات، بعد أن كان في الماضي صبغة ملكية ذات عظمة وسحر شرقي أخاذ.

وقد تجد من بيننا في الوقت الحاضر من يتوق ويترحم على أيام الأصباغ النباتية، بل ويتحدث عن الأصباغ الحديثة "وبعضها محضر من نواتج تقطير الفحم" على أنها براقة وغير ثابتة. وفي الواقع نجد أن العكس هو الصحيح، وأن الأصباغ النباتية كانت قليلة بل وغير جذابة، اللهم إلا نوعين قاوما المنافسة الحديثة، وهما أسود لوجوود و أصفر فستيان.

ويرجع الفضل إلى كيمياء تقطير الفحم في اكتشاف ما يقرب من الألف صبغة لجميع الألوان التي تخطر على البال لترضي أذواقنا المتقلبة. كما أنه من الممكن تحضير

آلاف أخرى من هذه الصابغات. وتنفق الولايات المتحدة وحدها ما يزيد على اثني عشر مليون جنيه سنوياً على بحوث الأصباغ، وذلك حتى تتمكن سيدات المجتمع ورجاله من الظهور بمظهر أكثر أناقة من الملوك والأمراء السالفين.

ويعتبر هذا النوع من الكيمياء _كيمياء الأصباغ_ حديث العهد نسبياً حيث عرف عام ١٨٥٦. ولو أن كيمياء الفحم الحقيقية بدأت في عام ١٨٢٥ عندما فصل فراداي البنزين "ك$_6$ يد$_6$" من غاز الفحم. وفي العام التالي تم تحضير الأنيلين بطريقة أصبحت اليوم عتيقة، ولكنها على أية حال أدت إلى الحصول على هذه المادة التي تعتبر الأساس في تحضير أكثر من نصف الأصباغ المعروفة. وقد استعيض عنها بطرق تحضير هذه المادة مباشرة من البنزين .

ولم تتخذ أية خطوات عملية نحو إيجاد صناعة للأصباغ إلا في عام ١٨٦٥، وذلك عندما قرر الشاب الإنجليزي ويليام بركن _وهو في السابعة عشرة من عمره تحضير الكينين. وكان بركن يدرس على يد أستاذه عالم الكيمياء الألماني هوفمان في لندن. ولقد كان بركن طموحاً بالنسبة لسنه، وربما لم يكن منطقياً في محاولته الحصول على هذا المركب الطبيعي بأكسدة الأنيلين بحامض الكروميك. وكانت نتيجة هذا التفاعل الحصول على خليط أسود قطران. وبدافع من حماقة الشباب وغضبه غسل بركن هذا القطران بالكحول، وأشد ما كانت دهشته حين تكون محلول أرجواني يميل إلى اللون البنفسجي. فكان هذا الكشف أول عهد الناس بصبغة من قطران الفحم أو صبغة أنيلية. وعملاً بتعاليم أستاذه العظيم، أعاد الكيميائي الشاب التجربة، محاولاً تحسينها باستعمال أنيلين أكثر نقاوة. و لشد ما كانت دهشته حين فشل في الحصول على اللون الأرجواني الجميل مرة أخرى. ثم ظهر فيما بعد ونتيجة للمحاولات المستمرة أن هناك حقيقة هامة تتطلبها نجاح هذه التجربة، وهي ضرورة وجود أثر ضئيل من التولويدين كمادة شائبة في الأنيلين قبل استعماله.

وقد أسس بركن شركة صناعية لاستغلال هذه الصبغة ولتحضير غيرها من

الأصباغ، ولكن بريطانيا لم تظهر أي اهتمام بالموضوع. وقد كلف هذا الإهمال والتراخي من جانب بريطانيا الإمبراطورية أرواحاً عديدة وأموالاً طائلة في الفترة ما بين عام ١٩١٤ وعام ١٩١٨، حين سارعت ألمانيا على الفور بنقل صناعة أصباغ الأنيلين إلى بلادها وازدهرت فيها أيما ازدهار لدرجة أنه في عام ١٩١٣ أنتجت ألمانيا وحدها ثلاثة أرباع أصباغ العالم. وقد ساهمت دول العالم _بشرائها لهذه الأصباغ_ في مساعدة ألمانيا على الاحتفاظ بعدد ضخم من الكيميائيين المدربين، وهم الذين كانوا عدتها وقت الحرب في إنتاج المفرقعات و الغازات السامة. كما أتاح فائض أرباح صناعة الأصباغ في وقت السم لألمانيا الفرصة لإنشاء مصانع ومعامل ضخمة، أمكن تحويلها في وقت سريع إلى الإنتاج الحربي.

وقد كان اعتماد الحلفاء على ألمانيا قبل الحرب اعتماداً كلياً في الأصباغ والعقاقير والمركبات المماثلة الأخرى مدعاة للسخرية خلال سنوات الحرب الأربعة، حين بلغ الأمر أن بعض ملابس جنود الحلفاء العسكرية وأعلامهم لم يكن من المستطاع صبغها كالعادة إلا عن طريق تهريب بعض الأصباغ من ألمانيا. وقد أثر النقص في الأصباغ تأثيراً كبيراً في إنتاج و توزيع ما قيمته ٣٥٠ مليون جنيه من الأقمشة في بريطانيا. ولم تكن أمريكا أسعد حالاً، إلا أنها تعلمت أن صناعة الأصباغ صناعة رئيسية تتضاءل أمام أهميتها أية مبالغ تدفع ثمناً لمنتجاتها. وليس أدل على ذلك من أن الولايات المتحدة أنتجت وحدها في عام ١٩٥٦ مائة وستين مليون رطل من الأصباغ صدرت بعضها إلى خارج البلاد.

ولنعد الآن إلى قصتنا الأصلية، فنجد أن صبغة الأحمر التركي النباتية المصدر ظلت لوناً مفضلاً لفترة طويلة من الزمان. وكانت فرنسا تخصص مساحات واسعة لزراعة الفوة "الروبيا" التي تحوي جذورها هذه الصبغة. إلى أن تمكن جريب وليبرمان في ألمانيا عام ١٨٦٨ من إماطة اللثام عن التركيب الكيميائي لجزيء هذه الصبغة الحمراء، ومن ثم حاولا تحضيره كيميائياً من الأنثراثين الموجود في قطران الفحم. وقد توصل بركن منفرداً وفي نفس الوقت تقريباً إلى نفس الاكتشاف، غير أنه تأخر يوماً واحداً عن تسجيل

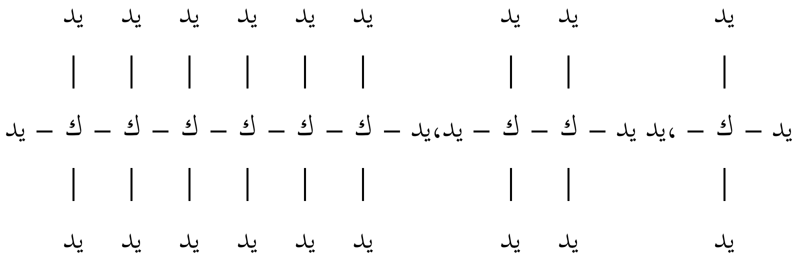
اختراعه فخسر بذلك ثروة ضخمة. ويكفي أن نعلم أن ألمانيا قد استطاعت أن تبيع بعد ذلك بفترة وجيزة ما قيمته ٣ ملايين جنيه من الاليزارين المؤلف. وكان هذا المركب المحضر كيميائياً أجود فعلاً من الصبغة المستخلصة من جذور الروبيا، مما حدا بفرنسا إلى العدول عن زراعته، و بذلك توفرت الأرض _التي كان يزرع فيها_ لزراعة مواد غذائية.

ويعتبر النجاح في تحضير النيلة كيميائياً من أروع انتصارات علم الكيمياء، ودليلاً واضحاً على تفوق البحث العلمي في ألمانيا، كما كان درساً عظيماً لبعض القائمين على أمور الصناعة في أمريكا. وقد أنفقت شركة باديش الكبرى على هذا الموضوع ما يقرب من ثلاثة ملايين جنيه، بالإضافة إلى المجهود المضني الذي استمر حوالي عشرين عاماً قبل أن تكلل جهودها بالنجاح. فالطريق من النفتالين إلى النيلة يبدو بسيطاً واضح المعالم، ولكن تحول دون الوصول إليه عدة عقبات تبررها الفوائد التي نجمت عن تحضيره. وكانت الهند تبيع ما قيمته سبعة ملايين جنيه من النيلة الطبيعية المستخلصة من نبات النيلة سنوياً. وما أن جاء عام ١٩١٣ حتى توقفت الهند كلية عن هذا الإنتاج، وزرعت مواد غذائية في أراضيها الخصبة بدلاً من نبات النيلة. وكان الإقبال عظيماً على هذه الصبغة الطبيعية منذ قرن مضى، وكان سعرها وقتذاك جنيهاً ونصفاً للرطل. أما في الوقت الحاضر وبعد تحضيرها كيميائياً، فإنه يمكن الحصول عليها بأية كميات مقابل عشرة قروش للرطل الواحد، وعلى درجة كبيرة من الجودة والنقاء لم تكن معروفة في النيلة النباتية.

من الممكن تقسيم الكيمياء العضوية أو كيمياء الكربون بمركباتها البالغ عددها ٢٧٥ ألفاً إلى مجموعتين كبيرتين، مجموعة البترول ومجموعة قطران الفحم. أو بمعنى أدق، مشتقات الميثان "كيد$_4$" الناتج من الغاز الطبيعي ومشتقات البنزين "ك$_6$ يد$_6$" الناتج من تقطير الفحم.

ويمكننا أن نتذكر كيفية اتصال ذرات الكربون والأيدروجين في الميثان وفي مجموعة

الأيدروكربونات الموجودة مختلطة بالبترول على الوجه الآتي.



وثالث هذه المجموعة هو الهيكسان "ك$_{6}$ يد$_{14}$". والهيكسان عبارة عن مركب سريع التطاير، ولذا لا يصلح أن يكون وقوداً جيداً للسيارات. أما البنزين "ك$_{6}$ يد$_{6}$" الذي اكتشفه فرادي في غاز الفحم وهوفمان في قطران الفحم فإنه لا يتفاعل كيميائياً بسهولة، وكأن ذرات الكربون الموجودة فيه مرتبطة ببعضها البعض على هيئة سلسلة كما هو الحال في الهيكسان. وقد احتار علماء الكيمياء في تركيب جزيئه، ومن بينهم كيكيولي الذي ما برح يفكر في المشكلة حتى في أحلامه. وبينما هو جالس في إحدى الأمسيات أمام المدفأة غارقاً في تأملاته، بدأ يتخيل سلاسل من الجزيئات تتلوى وتتراقص من حوله كالثعابين. وفجأة خيل إليه أن إحداها قد ابتلعت ذيلها وتكورت كالأفعى التي نسمع عنها في الأساطير. وعلى حين فجأة استيقظ كيكيولي من غفوته وأمسك قلماً وورقة وأخذ يرسم أشكالاً هندسية ورموزاً كيميائية كانت هي الصورة الأولى لتركيب البنزين.

ويبدو من النتائج العظيمة التي حصل عليها كيكيولي أنه استلهم حلمه من التفكير والتعمق في المشكلة، وليس تحت تأثير الخمر. ثم بدأ يمتحن نظريته التي وضعها، وهي أن ذرات الكربون الست الموجودة في جزيء البنزين تكون حلقة سداسية، و تناولها العلماء بعد إعلانها عام ١٨٥٨ بالبحث والدراسة، ولكنها ظلت حتى اليوم نظرية لم يثبت خطؤها على مر الأيام.

ومن حسن الحظ أن الطريق إلى كيمياء البنزين قد مهد قبل ذلك بعدة سنوات أثر

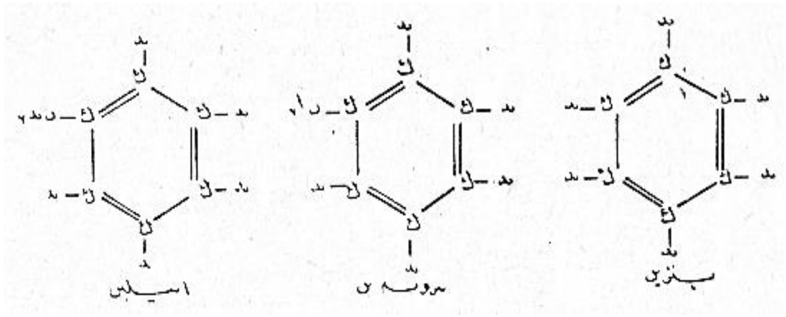
حادث طريف وقع في أثناء حفل استقبال في قصر التويلري بباريس. فقد أضاءوا في الحفل شموعاً عولجت بغاز الكلور حتى تصير بيضاء ناصعة يكتسب الحفل بها رونقا وبهاء. ولكن ما هي إلا لحظات حتى أفاق المدعوون من نشوتهم أثر استنشاقهم آثار غاز مهيج انتشر في الهواء مما اضطرهم إلى ترك الحفل مبكرين. ولما دعا العالم دوماس ليفسر الحادث اكتشف وجود غاز حامض الكلوريدريك

" يد كل"، وقد علل وجوده بأن ذرات الكلور حلت محل بعض ذرات الأيدروجين في جزيئات الشمع مكونة غاز كلوريد الأيدروجين الذي انطلق في أثناء احتراق الشموع. وقد استهوى هذا الإحلال _الذي يمكن توضيحه بسهولة في حالة الميثان_ أفئدة الكيميائيين في كل مكان، وحاولوا استبدال ذرات

يد يد
| |
يد – ك – يد + كل$_2$ ← كل – ك – يد + يد كل
| |
يد يد

أو مجموعات من الذرات في جزيء البنزين وكللت جهودهم بالنجاح. وكانت النتيجة أن تداعت إمبراطوريات بأسرها. انظر ماذا حدث عندما يتفاعل حامض النتريك "يد نأ$_3$ " **مع البنزين، فتستبدل ذرة واحدة من الأيدروجين بمجموعة "النيترو"** " نأ$_2$ " **الموجودة في ذلك الحامض.**

أو ماذا يحدث عندما يتفاعل الايدروجين المنطلق حديثاً من حامض ما مع مجموعة "النيترو" هذه محولاً النتروبنزين "ك$_6$ يد$_5$ نأ$_2$ " **إلى أنيلين** "ك$_6$ يد$_5$ ن يد$_2$ "



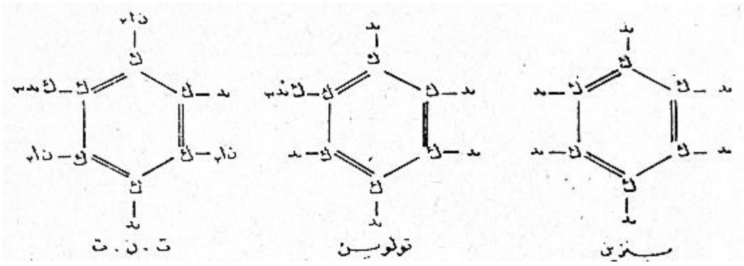
ويعتبر الأنيلين مادة هامة يسهل معالجتها بعدة مواد كيميائية لتنتج لنا آلاف الأصباغ الأنيلية، تتمثل فيها جميع ألوان الطيف الجميلة.

وهناك جزيء الأنثراسين الذي يحضر منه الأليزارين أعظم الأصباغ الحمراء. وهو يتكون من ثلاث حلقات من البنزين ملتصقة ببعضها البعض جنباً إلى جنب. و لتحضير الأليزارين يعالج الأنثراسن بحامض الكبريتيك الذي يعطيه مجموعة سلفونيك "كب أ$_{3}$ يد" بدلاً من ذرة إيدروجين، ثم يصهر الناتج مع الصودا الكاوية ليتم تبادل بمجموعة "أ ص" مع مجموعة" كب أ$_{3}$ يد "، وهكذا خطوة بعد خطوة أعفي القارئ منها. ويكفيني فقط من هذا العرض البسيط أن يعرف قدر كيميائي الأصباغ.

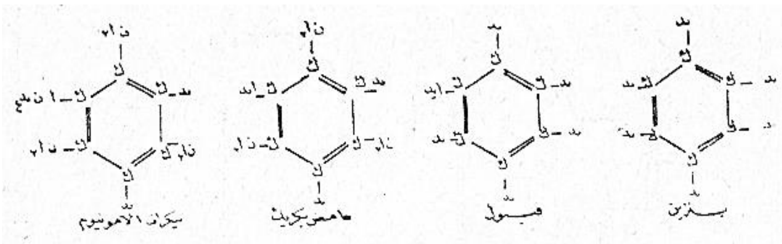
ويعتبر الكيميائي المدرب على صناعة الأصباغ ذا نفع كبير في الدفاع الوطني. فهو إذ يعلم كيف يدخل مجموعة النترات في جزيء البنزين فلماذا لا يفعل نفس الشيء بالتولوين الذي يستخرج من قطران الفحم أيضاً؟

ويتم ذلك بفعل حامض النيتريك، إذ تحل ثلاث مجموعات من "النترو" "ن أ$_{2}$ " محل ثلاث ذرات من الأيدروجين مكونة مادة ثلاثي النيترو تلوين "ت. ن . ت" و هي من أقوى المفرقعات المعروفة.

ويحضر حامض الكربوليك أو الفينول من قطران الفحم. وقد كانت حاجة الفرنسيين إبان الحرب العالمية الأولى إلى بيكرات الأمونيوم "إحدى نواتج الفينول"

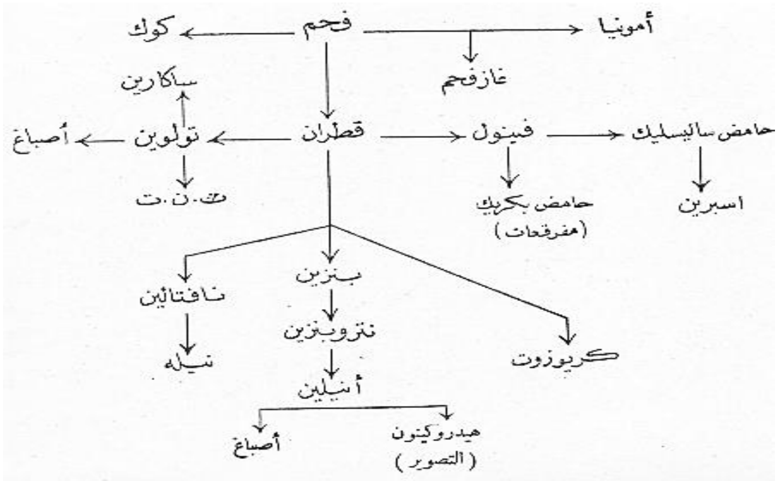


أكبر عشرين مرة من إنتاجها. على أنه أمكن بعد ذلك تدبير العشرين مليون رطل الإضافية بطرق أخرى مصدرها البنزين، وذلك بمعالجته بحامض الكبريتيك وصهر الناتج مع البوتاسا الكاوية. ثم يعالج الفينول الناتج بحامض النيتريك ليكون حامض بكريك يعالج بالنشادر لينتج بيكرات الأمونيوم، ذلك المفرقع القوي الذي كان الجيش الفرنسي يفضله على غيره من المفرقعات. ويمكننا إهمال التفاصيل مع الاكتفاء بمقارنة الرموز الكيميائية:



ويحضر الفينول حالياً بكميات كبيرة بطرق أحدث من هذه، وذلك باتحاد الكلور مع البنزين و تسخين الناتج تحت ضغط مرتفع مع الصودا الكاوية .

وبالنظر إلى التخطيط التالي يتضح أنه من الممكن تحضير عدة مركبات بعضها أكثر تعقيداً من السالف ذكرها من تقطير الفحم.



فحم
كوك
أمونيا
غاز فحم
قطران
سكارين
تولوين
أصباغ
ت.ن.ت
فينول
حامض ساليسليك
حامض بكريك
(مفرقعات)
اسبرين
نافتالين
نيله
بنزين
نتروبنزين
أنيلين
هيدروكينون
(التصوير)
أصباغ
كريوزوت

الفصل الثاني والعشرون

المواد السكرية

يحاول الإنسان العادي أن يخلق توازناً بين كمية المواد السكرية التي يأكلها. وهناك حقيقة يجب أن نعرفها وهو أنه ليس كل ما هو حلو المذاق سكراً وليس كل سكر حلو المذاق. ومع ذلك فالمسألة لا تعدو أن تكون مجرد اختلاف في تركيب الجزيء، أما مسألة الحلاوة فهي عرضية و مجرد صدفة.

فالسكارين مثلاً تبلغ درجة حلاوته بالنسبة السكر القصب أكثر من خمسمائة مرة، ومادة البريللا لدهايد تبلغ درجة حلاوتها أكثر من ألفي مرة بالنسبة السكر القصب، في حين أن ترتيب ذراتهما لا يؤهلهما لأن يعتبرا من السكريات.

وتشترك المواد السكرية مع السليولوز والنشا في انتمائها إلى مجموعة الكاربوهيدرات، وهو اسم يدل بوجه عام على أن ذرات الكربون في هذه المركبات متصلة بعدد من ذرات الأيدروجين والأكسجين بنسبة وجودهما في جزيء الماء. ومن الأمثلة على ذلك سكر القصب ك$_{12}$ يد$_{22}$ أ$_{11}$ والجلوكوز ك$_{6}$ يد$_{12}$ أ$_{6}$ والنشا (ك$_{6}$ يد$_{10}$ أ$_{5}$)$_{ن}$ وتحتوي جميعها على مجموعات (– أ يد) متصلة بذرات الكربون.

ويميز الكيميائي أسماء السكريات عن غيرها من المركبات بإضافة (– و ز) في آخرها فمثلاً:

سكروز "سكر القصب" ك$_{12}$ يد$_{22}$ أ$_{11}$	درجة حلاوته ١٠٠
لاكتوز "سكر اللبن" ك$_{12}$ يد$_{21}$ أ$_{11}$	درجة حلاوته ١٦
مالتوز "سكر الشعير" ك$_{13}$ يد$_{22}$ أ$_{11}$	

دكستروز "جلوكوز–سكر العنب" ك يد أ 6 12 6	درجة حلاوته ٣٢
ليفيللوز "فركتوز– سكر الفواكه" ك يد أ 6 12 6	درجة حلاوته ٧٤
زايلوز "سكر الخشب" ك يد أ 6 12 6	درجة حلاوته ١٧٣

وربما تساءل القارئ، لماذا لم نذكر السكر الاسفندي "نسبة إلى شجرة الاسفند" وكذلك العسل ضمن هذه القائمة؟ الواقع أنهما ضمن القائمة. فكر الاسفند لا يخرج عن كونه سكر قصب زائد بعض الشوائب اللذيذة الطعم التي تفرزها شجرة الاسفند. أما العسل فهو خليط من سكر الفواكه عبثت فيه أرجل النحل ومزجته بحبوب لقاح الأزهار ذات الرائحة الجميلة. ويتغير مذاق العسل ولونه تبعاً للأزهار المختلفة التي يستمد منها النحل طعامه. فالعسل الغامق يأتي من أكمام زهور الحنطة السوداء، و العسل الأصفر الباهت المعتدل الحلاوة يأتي من أزهار البرسيم أو البرتقال. وما من صانع للسكر يعمل أكثر من النحلة التي تقوم بعشرة آلاف رحلة للحصول على الرحيق اللازم الإفراز رطل واحد من العسل، تطير فيها مسافة لا تقل عن أربعين ألف ميل.

أما سكر البنجر فلا يعدو كونه سكر قصب على درجة كبيرة من النقاء. وبمناسبة الكلام عن النقاء نجد أنه من الغريب أن تستورد أمريكا ما يزيد على سبعة ملايين طن سنوياً من سكر القصب الأبيض المتبلور ذات درجة نقاء ١٠٠ ٪ تقريباً بأسعار تافهة لا تزيد عن ثلاثة قروش للرطل الواحد. وهي تشتري هذه الكميات لأنها لا تنتج أكثر من خمس ما تحتاجه، بينما تعتمد على كوباً فيما يزيد على ذلك.

وكما أن الصفات الموروثة تظهر في الدم، كذلك درجة حلاوة عصير الأنواع الحديثة المستنبطة من نبات قصب السكر والبنجر تدل على جودة وأصالة النوع. وقد تمكن الباحثون في تهجين النباتات من استحداث أنواع متعددة من القصب يصل درجة تركيز السكر في عصيرها إلى١٦٪. وبذلك ضاعفوا كمية السكر عن مثيلاتها في عصير الأنواع القديمة. وعندما استخرج أحد الألمان السكر من البنجر لأول مرة عام

١٧٤٧، كان العصير يحتوي وقتذاك على ٦٪ سكر فقط، بينما تنتج الأنواع العادية من البنجر حالياً ما يزيد على ثلاثة أمثال تلك النسبة. وهكذا كلما زادت نسبة السكر في العصير قل الجهد و نقصت تكاليف صناعة السكر.

ومن الأحداث التي لا تنسى في تاريخ الكيمياء تلك الجائزة الكبرى التي رصدتها أكاديمية العلوم الفرنسية لاكتشاف طريقة لي بلانك في صناعة الصودا الكاوية، وكذلك المليون فرنك التي رصدها نابليون عند اكتشاف الطريقة العملية لاستخلاص السكر من البنجر، فأصبحت فرنسا مركزاً هاماً لإحدى الصناعات الزراعية الحيوية، وفي نفس الوقت حطم نابليون الحصار الاقتصادي الذي فرضه أسطول بريطانيا في ذلك الوقت.

وقد أظهر النقص في سكر القصب خلال الحرب بصورة واضحة قيمته وفائدته للطعام وقد فشلت محاولات الأمريكيين في الاستعاضة عنه بسكر الشعير، وذلك بسبب طعمه القريب من طعم الجعة. ولكنهم نجحوا حالياً في تنقيته من الشوائب التي تعطيه هذا الطعم.

ولم يكن الأمريكي العادي ليتردد أيام الحرب في صب شراب الجلوكوز على فطيرة الصباح، وذلك لعدم استطاعته الحصول على غيره. وتنتج أمريكا حالياً من هذا السكر كميات هائلة تزيد على بليون رطل، ويطلقون عليه أسماء عديدة مترادفة، منها سكر القمح الممتاز والدكستروز والجلوكوز. غير أن رجال البوليس عندهم يطلقون على هذا السكر أسماء غير محببة، اعتقاداً منهم أن معظم إنتاجه يخمر بطرق غير مشروعة. وهم يعتبرون القائمين بصناعة الجلوكوز ليسوا أقل جرماً من مقطري الخمور خلسة. وقد وصلت الحالة في كليفلاند مثلاً أن بدأت المحاكم هناك في مناقشة الوضع القانوني لتصرفات رجل البوليس في تعقب من يشتري الجلوكوز لمجرد استعماله العادي في المنزل.

ويعتبر تحويل نشا القمح العادي أو أي نشا آخر إلى دكستروز "جلوكوز" من الأمور السهلة، كما يتضح من المعادلة التي نسوقها للتدليل على ذلك. إذ أن تسخين النشا مع الماء المحتوي على ٠,١٪ من حامض كلوريدريك يؤدي إلى عملية تحليل مائيي

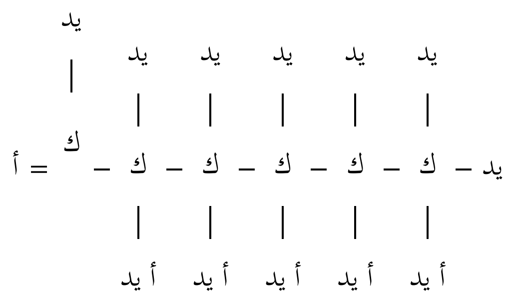
تضيف جزيئات الماء إلى جزيئات النشا، فتحولها إلى جلوكوز يعامل فيما بعد بالقدر المناسب من الصودا الكاوية، التي تكفي لمعادلة آثار الحامض التي قد تكسبه طعماً غير مستساغ.

$$(\text{ك}_6\ \text{يد}_{10}\ \text{أ}_5)_{\text{ن}} + \text{يد}_2\ \text{أ} \rightarrow \text{ن ك}_6\ \text{يد}_{12}\ \text{أ}_6$$

"نشا" "جلوكوز"

وهناك تفاعلات أخرى قد تحدث في العملية السابقة. وينتج عنها أن شراب الجلوكوز الذي يقدم لك ما هو إلا خليط من ٢٠٪ جلوكوز و٤٥٪ مالتوز و٣٥٪ دكسترين صمغي، وكلها على أية حال ذات قيمة غذائية عالية.

وقد يخبرك أحد الكيميائيين المتباهين بعلمهم أن هناك ستة عشر نوعاً من السكر تشترك في الرمز الكيميائي $\text{ك}_6\ \text{يد}_{12}\ \text{أ}_6$ عرف منها أربعة عشر حتى الآن. لذا وجب علينا أن نتدارك الموقف لإجلاء الغموض. فنظرة واحدة إلى التركيب الكيميائي للجلوكوز "وهو واحد من الستة عشر سكراً" تكشف لك عن الاحتمالات المختلفة:



ولنتخيل الآن أننا جعلنا إحدى ذرات الكربون تدور بمحوريها العلوي والسفلي حتى تصبح مجموعة "–أ يد" إلى أعلى وذرة الأيدروجين إلى أسفل. فإننا نحصل على سكر جديد. و يمكنك أن تحدث تبديلات عديدة على هذا النمط فتحصل على شكل الجزيئات الأخرى. على أنه ما من أحد يعتقد بالطبع أن جزيء الجلوكوز مسطح كسطح الورقة المرسوم عليها.

وقد كان البحث العلمي لاكتشاف التركيب الجزيئي للجلوكوز وغيره من السكريات الأخرى من الأمور المتناهية الصعوبة. رغم أنه يبدو من الأمور التافهة. ولكن المسألة أعمق من ذلك، فإنه من الممكن تحويل السليولوز إلى سكريات، كما أنه من المعلوم أن وحدات الدكستروز تكون جزيء السليلوز الكبير. وكلما زادت معلوماتنا عن السكر عرفنا الكثير عن السليولوز معرفة تمكننا من الانتفاع به. وهو على ما نعلم أكثر المحاصيل وفرة على سطح الأرض.

وللجلوكوز توأم آخر هو الفركتوز _توأم بالمعنى الذي يجعل يدك اليسرى توأما لليمنى_ وربما سمعنا الكثير عن الفركتوز في السنوات المقبلة. وهناك اصطلاح علمي يميزهما، فأحدهما يميني والآخر يساري نسبة إلى الانحراف الذي يحدثه أي واحد منهما في الضوء المستقطب. وهي على أية حال ظاهرة علمية ليس هنا مجال الإفاضة فيها. ولكن ما يجدر الإشارة إليه أنهما يشتركان في نفس التركيب الكيميائي "ك$_6$ يد$_{12}$ أ$_6$" غير أن ترتيب الذرات في جزيء كل منهما يختلف عنه في الآخر، ومن الغريب حقاً أنك لو أضفت القليل من عصير الليمون أو الخل إلى سكر القصب كما هو متبع في صنع الحلوى، لوجدت أن جزيء السكر يتكسر إلى توأميه. ويقوم الحامض في هذا التفاعل بدور العامل المساعد فيقوم بإضافة جزء من الماء إلى كل جزء من السكر فينتج ما يسمى بالسكر المحول:

ك$_{12}$ يد$_{22}$ أ$_{11}$ + يد$_2$ أ ← ك$_6$ يد$_{12}$ أ$_6$ + ك$_6$ يد$_{12}$ أ$_6$

جلوكوز فركتوز

ويسير تحويل الأنيولين _وهو مركب كر بوإيدراتي موجود في درن الداليا وخرشوف أورشليم "نوع من الدرنات"_ إلى فركتوز على نفس نمط تحول النشا إلى جلوكوز. وقد انتقت مصلحة الزراعة الأمريكية أجود الأصناف الخصبة من هذا الخرشوف الذي ينتج الفدان منه محصولاً يقدر بأربعة عشر طناً. كما أسست مصنعاً لإنتاج الفركتوز منه خصوصاً وقد اتضح أنه على درجة من الحلاوة تقرب من ضعف حلاوة سكر القصب.

ويستخلص اللاكتوز أو سكر اللبن من اللبن المنزوع دهنه بكميات كبيرة قد تصل إلى خمسة ملايين رطل في السنة. ومن الممكن في حالات الضرورة زيادة هذا الإنتاج بسهولة إلى عدة أمثال هذا الرقم. واللاكتوز غذاء هام للأطفال وفي النزلات المعوية. ولو أنه ليس على درجة كبيرة من الحلاوة. وقد اكتشف أخيراً نوع من اللاكتوز يسمى "لاكتوز بيتا" أكثر حلاوة من النوع العادي "وذلك لسرعة ذوبانه" . ولذلك فمن المنتظر أن يعمم في الغذاء.

وإذا ما سئمت الأنواع المألوفة من السكريات ورغبت في نوع جديد، فإنه يمكنك أن تدخل في اعتبارك سكر الزايلوز الذي كان يباع في وقت من الأوقات بثلاثين جنيها للرطل الواحد. ولكنه حضر الآن بأسعار رخيصة وعلى نطاق تجريبي فقط من قشور بذرة القطن. والزايلوز سكر غير مألوف وذلك لأن جزيئه يحتوي على ٥ ذرات من الكربون بدلاً من ٦ أو ١٢ كما هو الحال في السكريات الأخرى. ورغم أنه حلو المذاق فإنه غير قابل للهضم. ولا تستبعد أن تجد أمريكا استعمالاً لكل كمية الزايلوز التي يمكن استخراجها من المليون ونصف طن من قشرة بذرة القطن المطحون.

وآخر سكر نذكره في هذه القائمة هو سكر سام. إذ نجح الكيميائيون في جامعة بيل في استخلاص سكر من ميكروب السل، وهو سكر فريد في نوعه إذا حقن في جسم الإنسان أحدث جميع الأعراض التي تصاحب مرض السل.

وفي ختام هذا الفصل لا نجد أفضل من أن نذكر أن هناك مصانع تخصصت في إنتاج بعض السكريات النادرة للبكتريولوجين. ويعتبر كل نوع منها غذاء مفضلاً لفصيلة من البكتريا. فالباسيلوس مثلاً يمكن معرفته بالنوع الخاص من السكر الذي يتغذى عليه. ونحن ولاشك ندرك أهمية هذا الكشف في العلوم الطبية.

الفصل الثالث والعشرون

المواد الدهنية في المقدمة

تحتل الدهون مكانة كبيرة في عالمنا. سواء في الصناعة أو في حياتنا المنزلية. ورغم أن هذه المكانة عظيمة. فإنها غير ملموسة وتستحق من المواطن العادي أن يعيرها اهتماماً أبلغ مما يعيره الآن. وإنه لطبيعي أن تعتبرها الأسرة مادة أساسية في الوجبات الغذائية الكاملة. وأساساً في صناعة الصابون وربما في صناعة مواد التجميل.

ولكن كم عدد هؤلاء الذين يعرفون أن زيت بذرة الكتان _وهو أحد الدهون_ هو المادة السائلة التي تمزج بها الألوان التي تستعمل في لوحات الفنانين العالميين أمثال رمبرانت و كوروت. تلك اللوحات التي يقدرها أهل الفن وأصحاب الذوق السليم. وربما يخامرك الشك في الدور الذي يلعبه الفن في تنسيق المشمعات وأغطية الأرض التي تبدو الأنواع الجيدة منها جميلة حقاً. ولكن يجب ألا تنسى أنه لولا الزيوت والدهون ما كانت هناك مشمعات ولا أغطية للأرض نجمل بها منازلنا. ومن يدري فربما جاء الوقت الذي تنتج فيه المناطق الاستوائية دهوناً سائلة لتستعمل كوقود ينافس الجازولين. ولا أظن أن ذلك غريباً، خاصة بعد أن جرب زيت الفول السوداني _المستخرج من منطقة تنجانيقا بأفريقيا_ في إدارة ماكينات الديزل في البواخر النهرية. وقد تمكن أجلوف من تكسير جزيئات زيت بذرة القطن في درجة ٩٠٠ فهر نهيت و تحت ضغط ١٠٠ رطلاً، وحصل بذلك على جازولين وزيت ماكينات الديزل وغازات وفحم. ومن الممكن معالجة زيت الفول السوداني بنفس الطريقة بنجاح.

ونذكر بمناسبة الحديث عن الفول السوداني أن زراعة و تصنيع الفول السوداني وزيته اللذين أنشأهما الألمان في تنجانيقا، كانتا تعودان في يوم من الأيام على الإمبراطورية البريطانية بسبعة ملايين جنيه سنوياً. و نظراً لقلة الدهون المستخلصة من

حيوانات المراعي في ألمانيا، وحرصاً من الحكومة الألمانية على تقدم صناعة الدهون في العالم، فقد حاولت زراعة فول الصويا الذي ينمو في منشوريا نظراً لما يحويه من نسبة عالية من الدهون "٢٠٪" ولكن باءت للأسف محاولات الحكومة الألمانية بالفشل، نظراً لعدم ملائمة التربة والجو لهذا النبات. ومما لا شك فيه لو أن ألمانيا كانت قد نجحت في زراعة القطن أو القمح أو الفول السوداني أو أشجار الزيتون لكان استقلالها أكبر وأقل اعتمادها على غيرها من الدول، إذ أنها تضطر لاستيراد الدهون لاستعمالها في الطعام وصناعة الصابون أو لاستخراج الجليسرين المستعمل في صناعة النتروجليسرين والديناميت.

وبما أنك تطلب تعريفاً للدهون فيه توضيح أكثر من أنها اسم يطلق على أحد المواد، خاصة وأنك بدأت تشغف بالكيمياء ، فإنه يسرك بلا شك أن تعرف أن الدهون عبارة عن مركبات ناتجة من اتحاد الجليسرين مع حامض أو أكثر من الأحماض الدهنية ذات الوزن الجزيئي الكبير. فمثلاً تكون أوليات الجليسرين "حامض أوليك متحد مع الجليسرين" الجزء الأكبر من زيت الزيتون، و تكون ستيارات وأوليات و بالميتات الجليسرين نسبة كبيرة من الدهون المتجمدة مثل الشحم ودهن الخنزير، بينما تحتوي الزبدة على خليط من بوتيرات الجليسرين و نحو خمسة عشر دهناً على الأقل. وبهذه المناسبة يجدر بنا أن نفسر تلك الظاهرة التي نصادفها في بعض أنواع الزبدة ألا وهي الزنخ فما هي إلا انفصال حامض البوتيريك مسبباً تلك الرائحة غير المقبولة إطلاقاً. ومن الممكن تجزئة جزيء الدهن إلى مركباته الأولية، وهي الجليسرين "دائماً جليسرين" والأحماض الدهنية، وهي حامض الاستياريك والبالميتيك والأولييك و اللينوليك و البو تيريك أو أي حامض من الأحماض الدهنية الأخرى.

وفي عام ١٩٤٢ أنتجت الأرجنتين نصف مليون طن من بذرة عباد الشمس الصالح للأكل، وقد باعت ربع هذه الكمية للولايات المتحدة الأمريكية. وتستحق ولاية كنساس بجدارة أن يطلق عليها ولاية عباد الشمس. ولقد سمعنا جميعا عن زيت اللوز وزيت بذرة الخروع وزيت الفول السوداني وزيت القمح وزيت فول الصويا، ولكن

هل سمعت عن زيت الشالموجرا الذي يستخرج من بذرة شجرة نادرة تنبت في جزر الهند الشرقية؟ في هذا الزيت يكمن بصيص من الأمل في علاج الجذام، إلا أن هذا الدواء عسر الهضم لدرجة غير محتملة. ولذلك عمد الكيميائيون إلى تجزئة جزيئات هذا الزيت، ثم جعلوا أحماضه الدهنية تتحد مع كحوليات غير الجليسرين، و عموما غيروا تركيب الجزيء آملين في الاحتفاظ بخواصه العلاجية، مع التخلص من الصفات غير المرغوب فيها. ولقد نجحوا بعض الشيء في هذه الناحية، ولو أن مركبات السلفون التي اكتشفت حديثاً لعلاج هذا المرض تبدو أكثر تشجيعاً.

هل تعلم أن ميكروب السل يعتبر أغنى الكائنات الحية بالدهون والشموع، وأن هذه الميكروبات تحتوي على ما يقرب من ٤٠ ٪ منها دهوناً؟ وقد تمكن بعض علماء الكيمياء في جامعة بيل بأمريكا من زراعة كميات كبيرة من هذا الميكروب، واستخلصوا منها هذه الدهون ثم حقنوها في حيوانات التجارب، فسببت لها بعض الأعراض التي تصحب مرض السل. إنها دهون مختلفة تماماً عن الدهون الأخرى في أنها مسببة للضرر.

وما زالت أنواع الدهون والزيوت الموجودة في الطبيعة تحيرنا. فمنذ سنوات قليلة وطئ هـ . ج . مارتن بذرة الشيري بقدمه، فترك بذلك بقعة دهنية على الأرض، وكان ذلك الحدث الصغير في ذاته مولد صناعة جديدة. فقد استغل مارتن هذا الحادث وأنشأ صناعة ضخمة لاستخلاص هذا الزيت من آلاف الأطنان من بذور الشيري سنوياً ويستعمل هذا الزيت في مواد التجميل، أما بقايا النواة فتطحن وتستعمل سماداً و تستعمل القشرة وقوداً.

ويبلغ معدل إنتاج الولايات المتحدة الأمريكية ٢,٤٠٠,٠٠٠,٠٠٠رطل سنوياً من الدهون الحيوانية. ولكن على الرغم من هذا الإنتاج الضخم من الزبدة والشحوم والدهن وخلافهما، فإنها تنتج ما يعادله تقريبا من زيت بذرة القطن "حوالي ١,٥٠٠,٠٠٠,٠٠٠". ولقد كانت بذرة القطن هذه مهملة تماماً في وقت من الأوقات بل وربما اعتبرت مصدر تعب، ولكنك تعجب كيف أصبحت هذه البذرة مصدر الثروة لأهالي الجنوب الذين أثروا عن طريق تيلة القطن وزيت البذرة والكسب

المتخلف بعد العصير والذي يعتبر علفاً بروتينياً غنياً لحيوانات المرعى. ورغم أن الولايات المتحدة تستورد بعض زيت الزيتون لاستعماله مع السلاطة، فإنها تستعمل الكثير من زيت بذرة القطن المكرر من إنتاجها وكذلك زيت القمح وزيت الفول السوداني لنفس الغرض. ولما لم يكن هناك الكفاية من دهن الخنزير لسد حاجة الاستهلاك من الزيوت المجمدة المستعملة في الطهي، كان لابد للكيمياء من التدخل لإنقاذ الموقف، وقد ساعدت الصناعة على التوصل إلى تجميد الدهون والزيوت السائلة بحيث تجعلها تشبه الشحوم من حيث القوام والشكل. وتتم هذه العملية بإمرار غاز الأيدروجين على زيت بذرة القطن السائل في وجود عامل مساعد هو النيكل، و يعادل الدهن الناتج ما تنتجه ٧ ملايين خنزير. و بمعنى آخر تفتح مصانع الولايات المتحدة ٤٠٠ مليون رطل سنوياً من الزيوت النباتية المجمدة لاستعمالها في المطابخ الأمريكية.

وهل كان القارئ يتصور أن حبة فول غنية بالزيت كادت تدفع الملايين من الصينيين إلى الهجرة مسافات شاسعة وما ينطوي عليه ذلك من عذاب مرير، مما كان يهدد بحرب ضروس يستعر العالم بنارها؟ وتتصور شعوب ثلاث قارات أن الهدف الذي يستحق أن يتطاحنوا عليه ومن أجله، هو حبة فول الصويا العجيبة التي تنمو في منشوريا، التي تنتج سنويا ٤ ملايين طن من فول الصويا. وتستعمل هذه الكمية في الأكل أو في عمل الصابون. وجدير بالذكر أنه لا توجد تربة أخرى أو جو أصلح من تربة وجو منشوريا لنمو هذا النبات المفضل. ويستعمل زيت فول الصويا بديلاً من زيت بذرة الكتان في صناعة البويات، بل وربما يفوقه. أما ما يتبقى من الفول بعد استخلاص الزيت، فإنه غذاء بروتيني يعطى علفاً للواشي أو تسمد به الأرض. ويمكن طهي الحبوب كاملة ليتغذى عليها الإنسان، وذلك لما تحتويه من كميات كبيرة من المواد الدهنية والنشوية و البروتينية. وبطحن الحبوب تتحول إلى مستحلب لبني عند مزجها بالماء، وتتخثر أو تشكل على هيئة الجبن و توكل على هذا النحو لفائدتها الغذائية. أما نبات الفول نفسه فيزود موائد الصينيين بالفيتامينات التي لا غنى عنها.

وأخيراً فإن النبات نفسه من فصيلة البقول المعروفة عنها أنها تزود التربة بنتروجين

الجو. والآن وبعد أن عرفنا كل هذه الصفات عن هذا النبات، فهل نعجب إذا علمنا أن فلاحي الولايات المتحدة ينتجون ٧٥٠ ألف طن من زيت فول الصويا وكميات هائلة من غذاء الماشية من هذا المحصول!

وفي سياق الحديث عن الشرق، نذكر نوعًا آخر من الزيوت يعرف باسم زيت خشب الصين أو زيت التانج. وتستورد الولايات المتحدة الأمريكية منه ما يقرب من مائة مليون رطل كل عام ويمتاز هذا الزيت بسرعة جفافه، ويعتبر أسرع جفافاً من زيت بذرة الكتان، ولذا يستعمل في الورنيشات والبويات و حبر الطباعة والمشمعات. ويدخل زيت التانج في تركيب الطلاء المدهونة به سطوح البواخر والأرضيات والمناضد، على هيئة إعلانات براقة تمثل الأطفال يمرحون ويسكبون الماء المغلي على هذه المناضد والأرضيات. ولأهمية هذا الزيت قررت الحكومة الأمريكية أن تحصل عليه بأية طريقة.

ويعتقد أهالي فلوريدا أنه يجب عليهم زراعة هذه الشجرة الشرقية. ولذا دأبوا على البحث والتجربة لمدة ثلاثين عاماً. وأخيراً زال الشك في النجاح وكللت مساعيهم وتجاربهم بالنجاح، و تمكنوا من إنتاج زيت أكثر نقاوة وبتكاليف أقل مما ينتج في الصين نفسها. ويذكرنا أهالي فلوريدا الغيورون بالحقيقة الماثلة وهي أن الولايات المتحدة تستورد كميات من زيت بذرة الكتان تعادل ما تنتجه منه، وإنه لمن الممكن الاستعاضة بزيت الناتج عن زيت بذرة الكتان المستورد فتوفر الولايات المتحدة خمسين مليوناً من الدولارات كل عام، وإنه من الممكن أيضاً زراعة نصف مليون فدان من أراضي فلوريدا أشجار التانج ذات الزهور الحمراء الجميلة و الثمار الغنية بالزيت. ويبدو أن هذا الرأي لم يكن مجرد اعتزاز من أهالي فلوريدا، بل كان مبنياً على أساس، فقد أثبتت التجربة صوابه، إذ أنتجت زراعة ساحل الجالف ما يزيد على ٥ ملايين رطل من زيت التانج في إحدى السنوات القريبة.

وفي معرض الحديث عن الزيوت يجب ألا نغفل ذكر زيت آخريتبوأ مكاناً هاماً تحت الشمس، ويحتل مقعداً وسط عائلة الزيوت والدهون، ألا وهو زيت الحوت الذي كان في وقت من الأوقات أشهر وقود للإضاءة قبل أن يحتل الكيروسين والكهرباء مكانه. ثم

اندثرت صناعة زيت الحوت بعد أن جعلت _وهي في أوج مجدها_ مدينتي نانتيكت وبدفور الجديدة شهيرتين في كل ميناء من موانئ البحار السبعة. ولكن هذه الصناعة عادت فجأة لتنتعش من جديد لا في نانتيكت بل في بلدان أخرى. وترسل بريطانيا والنرويج ما يربو على مائتي سفينة لصيد الحوت مزودة بحراب

كهربية، لتعود محملة بثلاثة ملايين برميل تسع كل منها أربعمائة رطل من زيت الحوت ومنتجات ثانوية أخرى، يربو ثمنها على ٣٠ مليون دولار في كل رحلة. وقد تمكن أكبر هذه المصانع العائمة "سفن صيد الحوت" من صيد ١٤٠٠ حوت في أحد الأعوام، وعادت تحمل ثمانية عشر ألف طن من زيت الحوت، قدر ثمنها بحوالي ٢,٢٥٠,٠٠٠ دولار. وللصابون المصنوع من زيت الحوت رائحة نفاذة كريهة تعافها الحشرات التي تهاجم شجيرات الورد، ولذا فهو يستعمل بكثرة في مقاومة هذه الحشرات. ومع شدة إقبال زارعي الورد عليه، فإنهم لم يهددوا فصيلة الحيتان بالهلاك لكثرة ما يصاد منها لهذا الغرض.

وقد زادت منافسة الحيتان للخنازير بصورة تهدد بالخطر كما تصفه جريدة شيكاغو للتجارة بقولها "عندما يلمح رجل الحراسة على ظهر سفن الصيد التي تجوب جنوب المحيط الأطلنطي حوتاً طافياً، وينادي بأعلى صوته ها قد ظهر الحوت، فإن صوته يسمع في أيوا "أيوا مدينة أمريكية مشهورة بتربية الخنازير". والمقصود هنا رسم صورة للمنافسة القوية بين زيت الحوت ودهن الخنزير". وقد استطاعت عمليات اختزال هذا الزيت بالأيدروجين تخفيف الكثير من رائحته النفاذة، وتحويل هذا الزيت الكريه إلى شحم يماثل دهن الخنزير يباع في أسواق أوروبا بدلاً من شحم الخنزير ويدخل في صناعة المارجرين، و لقد دعت المنافسة القوية في الخارج _تلك المنافسة التي يلقاها دهن أيوا من زيت الحوت_ مراسل جريدة شيكاغو إلى كتابة مثل هذه الملحوظة. ولأصحاب صناعة الألبان ومنتجاتها في أمريكا متاعبهم الخاصة أيضاً، فهم يعملون جاهدين لتقليل إنتاج المارجرين الذي ينافس الزبدة التي يصنعونها. وهم يشكون من أن جزءاً كبيراً من الثلاثمائة والثلاثين مليون رطل من زيت جوز الهند التي تستوردها أمريكا كل عام لا

يستورد لأغراض أخرى غير صناعة مارجرين جوز الهند.

وللدهون خاصية مشتركة، ألا وهي الأكسدة بواسطة الهواء التي تسبب زنخها، ولا ينجو زيت البن من هذه الظاهرة. ومن المعلوم أن الدهن المحتوى على ٥ ٪ من وزنه من دقيق الشعير يمكن حفظه مدداً طويلة، وأن إضافة القليل من الدقيق يحفظ البن من الزنخ و يظل محتفظاً بنكهته.

ويعتبر الصابون من المكتشفات الحديثة، أو على الأقل فإن استعماله بكثرة جديد على الإنسان. ففي عهد كليوباترا كانت تدهن الأجسام الجميلة بالدهون، ولما لم يكن الصابون معروفاً في تلك الأيام فقد كان الاعتماد كلية على العطور كوسيلة لاجتذاب الأنظار.

ولقد كان اكتشاف الصابون وليد المصادفة وحدها، فربما حدث في الأيام الغابرة أن دهن شخص جسده بالدهون جيداً ولكنه ذر الرماد على جسده في ساعة من ساعات الندم "وهي عادة القوم في تلك الأيام"، ثم ذهب ليبرد جسده بالماء. وكم كانت دهشة الحاضرين عندما رأوه يدلك جسده ليزيل الرماد والدهن، فإذا برغاوي الصابون تظهر على جسده. وعندما نزل في النيل ليستحم أو ربما كان ذلك في نهر الجانجز، خرج من الماء بكبرياء أنظف رجل عرف حتى ذلك التاريخ، وظهر معه اكتشاف الصابون مقياس حضارة الأمم لأول مرة. وكل ما حدث "كما عرف أجدادك" هو اتحاد كربونات البوتاسيوم "$بو_2 كأ_3$" الموجودة في رماد الخشب مع الدهن، فأنتجت صابوناً، ويجب أن نعترف أنه جاءت فترة من التراخي والتأخير في خروج هذا الاكتشاف العظيم إلى حيز التنفيذ، كما يحدث في بعض أجزاء من العالم حينما يتردد الناس في استعمال المكتشفات الحديثة. وتحتكر حالياً المنظفات الصناعية التي تنتجها الولايات المتحدة ٦٤٪ من الأسواق التي كان الصابون يحتلها.

وبالرغم من سهولة تحضير الصابون، فإننا نحيط عملية تحضيره بكثير من التعقيد. ويحضر الصابون صناعياً بغلي كميات كبيرة من الدهون مع الصودا الكاوية لعدة أيام في

غلايات ضخمة من ثلاثة طوابق، تسع حوالي نصف مليون رطل من الصابون، و بإضافة ملح الطعام إلى الخليط يندفع الصابون طافياً على هيئة طبقة سميكة، تاركاً الجليسرين الناتج من التفاعل في القاع. وتمثل المعادلة الآتية التفاعل الكيميائي في هذه العملية.

دهن + صودا كاوية ← جليسرين + صابون

أوليات الجليسرين + ص أ يد ← ك$_3$ يد$_5$ (أ يد)$_3$ + أوليات الصوديود

وينتج تفاعل الدهون السائلة مع إيدروكسيد البوتاسيوم أو كربوناته صابوناً طرياً "لينا". أما اتحاد الدهون الجامدة مع إيدروكسيد الصوديوم أو كربوناته فينتج صابوناً صلباً. والآن إذا عرفت أنه لا توجد في العالم شحوم ودهون تكفي حاجة الاستهلاك العالمي في الصابون، فماذا تقترح كبديل لهذه الدهون؟ نعم إن فكرتك جيدة وتدل على ذكاء مفرط إذا أجبت أن حل هذه المشكلة ينحصر في دفع الأيدروجين في زيت بذرة القطن المتوفر الرخيص لكي نحصل على دهن صلب متجمد، ثم نعامله بالصودا الكاوية حتى ينفصل الصابون الجامد. ومن حسن الحظ أن أحد الكيميائيين فكر في ذلك منذ عدة سنوات مضت.

و تنافس المنظفات الصناعية الصابون في معظم استعمالاته. وتحضر هذه المنظفات بإمرار غاز الأيدروجين تحت ضغط مرتفع و حرارة عالية في الأحماض الدهنية ذات السلسلة الطويلة الموجودة في زيت جوز الهند، فتختزل بمجموعة الكاربوكسيل _"ك أ أ يد" إلى _"كيد$_2$ أ يد**" أو بمعنى أصح يتحول الحامض إلى كحول. ثم يعالج هذا الكحول بحامض الكبريتيك ثم يعادل لينتج أملاحاً صوديومية. وتمتاز هذه الأنواع من المنظفات بأنها تكون رغوة مع ماء البحر ومع الماء العسر، كما تستعمل في صباغة المنسوجات، حيث تساعد الأصباغ على النفاذ داخل ألياف الأنسجة.**

أما الجليسرين الذي ينفصل في عملية صناعة الصابون، فهو ناتج ثانوي هام في العملية. و تعود أهميته إلى استعمالاته العديدة. فهو يستعمل في تحضير مواد التجميل

أو حفظ المأكولات والمنتجات الأخرى رطبة، أو في صناعة النتروجليسرين، أو كسائل مضاد للتجمد في محركات السيارات. والجليسرين سائل لزج حلو المذاق ذو قيمة غذائية كبيرة، ولو أنه من مجموعة الكحوليات.

وقد ذكر التصريح الأخير "ولو أنه صحيح" لكي يدخل القارئ في اعتباره الكحوليات عامة. فأنت تعرف الكثير عن كحول الغلال أو الكحول الإيثيلي أو الإيثانو ، وكلها مرادفات لنوع واحد من الكحول. ولكن هناك مركبات عضوية عديدة تحتوي على مجموعة الأيدروكسيل "أ يد" موجودة في كل جزيء ومتصلة بمجموعة الكربون مثل ــك يد$_3$ أو ــك$_2$ يد$_5$ أو ــك$_3$ يد$_5$ أو مجموعات فعالة من الذرات تحوي الكربون في مركزها.

وقد سبق أن ذكرنا أن الجليسرين ناتج ثانوي ينفصل عندما تتحول الدهون إلى صابون. ولكن ربما لم تلحظ أن هذا المركب غير المسكر هو أحد الكحوليات من الوجهة العلمية، والمسألة لا تعدو كونها مسألة تركيب كيميائي لا أكثر كما يظهر من هذه القائمة:

ك يد$_3$ أ يد	كحول الميثيل "كحول الخشب"
ك$_2$ يد$_5$ أ يد	ححول الإيثيل "حكول الغلال"
ك$_3$ يد$_5$ (أ يد)$_3$	جليسرين
ر . أ يد	أي كحول

والرمز الأخير رمز عام حيث تمثل "ر"، أية بمجموعة مجوعة ــك يد$_3$ ، ــك$_2$ يد$_5$ أو أية بمجموعة يتوسطها الكربون. وتتأثر مجموعة "أ يد" بما يصاحبها من المجموعات تأثراً كبيراً. فإذا كانت متحدة بفلز كما هو الحال في الصواد الكاوية "ص أ يد" فإنها تنفصل حاملة شحنة كهربية أو بمعنى أصح تتأين كلما أذيبت القاعدة في الماء. والآن لو أمكننا جعل مجموعة "أ يد" الموجودة في الكحول الإيثيلي الذي امتزج بالماء تنفصل عن مجموعة الإيثيل المتحدة بها وتكتسب شحنة كهربية، لما كان هناك ما يدعو لتحريم

الخمور. حيث يصبح للويسكي مذاق مماثل لطعم القلويات وتتدهور صفاته المعروفة.

ومن الواضح أن "كيد$_3$ أ يد" هو أبسط الكحوليات تركيباً وأضرها في الشراب في الوقت نفسه لأنه سام، ولقد سمي بكحول الخشب نسبة إلى طريقة تحضيره، فهو ينتج من تقطير الخشب تقطيراً جافاً، ولو أن الكيميائيين يفضلون تسميته بالكحول الميثيلي أو الميثانول. وقد تعلم الكيميائيون تحضيره منذ الحرب من غاز الماء " خليط من غاز أول أكسيد الكربون والأيدروجين" وذلك تحت ضغط مرتفع وفي وجود عامل مساعد.

ك أ + 2 يد$_2$ ← ك يد$_3$ أ يد

وتعتبر الكحوليات نقطة بداية لتحضير عدة مركبات هامة و نافعة مثل الإيثيرات والألدهيدات و الأستيرات "أستيرات الروائح العطرية" والأحماض العضوية والكيتونات.

وللتدليل على أهمية الكحول الميثيلي يكفي أن تعلم أنه المادة الأولى في تحضير الفورمالدهيد "الفورمالين"، وذلك بإمرار أبخرته مخلوطة بالهواء على أكاسيد النحاس الساخن.

ك يد$_3$ أ يد + (أ) ← يد$_2$ أ + يد. ك أ يد

"كحول ميثيلي"   "فورمالدهيد"

وكثير منا لا يعبأ بأهمية هذا المركب خاصة إذا أتيحت له الفرصة لشم رائحته النفاذة، ولكن الفكرة تتغير إلى نظرة تقدير لو كانت لنا أموال مستثمرة في إحدى الشركات التي تنتج الباكليت، ذلك البلاستيك المعروف والذي يدخل الفورمالدهيد في تركيبه. ويتألف الفورمالدهيد مع الفينول الناتج من قطران الفحم ليكونا مواد طلائية جيدة العزل للكهرباء، أو مساحيق اللدائن التي إذا خلطت بمواد مالئة وسخنت لأنتجت مواد راتنجية قوية. وإذا قوى الباكليت بصفائح من النسيج فإنه يمكن تشكيله إلى أجهزة صامتة تدخل في تركيب أجهزة التليفونات ولوحات الإضاءة وأجهزة الراديو، ويستعمل في أشياء أخرى لا حصر لها. وتستعمل الولايات المتحدة وحدها ما يقرب

من مائة ألف طن سنوياً. وما هذا الباكليت إلا نوع من أنواع البلاستيك "اللدائن".

وقد ازدهرت صناعة البلاستيك في أمريكا واتسعت اتساعاً كبيراً، ووصل الإنتاج رقماً خيالياً يزيد على مليون طن سنوياً، وقد تغيرت فكرة باكلاند الأصلية والتي كانت تقضي بتألف الفورمالدهيد مع الفينول، فحل الفورفورالدهيد المستخرج من قشر الشعير محل الفورمالدهيد واستبدل الفينول بالبروتين "مثل كازيين اللبن". ثم شكلت المادة الناتجة إلى أشياء نافعة تحت تأثير الحرارة والضغط، وتستخدم مصانع هنري فورد بروتين فول الصويا بديلاً للكازيين ويدخل البلاستيك الناتج في صناعة أجزاء مختلفة من سيارات فورد الشهيرة.

وتتكاثف اليوريا "البولينا" مع الفورمالدهيد لتنتج نوعاً من البلاستيك يسمى البيتل الذي يمكن تلوينه بسهولة، ولما كان غير قابل للكسر فإنه يجد مجالاً واسعاً في صنع أدوات المائدة.

وقد صادف استعمال خشب الأبلكاش "شرائح رقيقة من الخشب ملتصقة بغراء البلاستيك غير القابل للبلل" رواجاً كبيراً في صناعة الطائرات، لدرجة أنها نافست ألواح المعادن الرقيقة. ولا يجدر بنا إغفال ذكر أهمية السليولويد و توأمه أسيتات السليولوز في عالم البلاستيك، وسوف تتبعها مركبات أخرى.

وقد ألصقنا الكثير من الاتهامات بالكحول الإيثيلي، وإنه لمن العدالة أن نرد إليه بعض اعتباره. إذ أنه أحد المذيبات الهامة في المعمل، كما أنه مادة أولية أساسية في صناعة الأصباغ والورنيشات والمفرقعات ومواد التجميل و العقاقير الطبية، فلولا هذا الكحول الإيثيلي "$ك_2 يد_5 أ يد$" لاستحالت الجراحة إذ أنها تعتمد على مواد التخدير الفعالة التي تصنع منه مثل الأثير والكلورفورم والإيثيلين. وعندما ينضب معين العالم من الفحم والبترول فسوف ندير محركات سياراتنا بهذا السائل. وذلك لأنه يمكننا تحضيره من جميع المحصولات النشوية والسكر والسليولوز. ويستهلك منه حوالي ٢٠٠ مليون جالون سنوياً استهلاكاً قانونياً في الصناعة. والآن وبعد أن نجح استخلاص الكحول من

الإيثيلين الناجم عن تكرير البترول، بدأت مكانة النشويات والسكريات كمصادر لتحضيره تتزعزع. وربما لا تؤدي إضافة الكحول إلى الجازولين إجبارياً للمزارع الفائدة المرجوة.

والآن وبنظرة واحدة إلى ما سبق، يمكنك أن ترى كيف تدرجنا في الحديث من الدهون _متعرضين للصابون والجليسرين_ ثم انتهينا بالكحول. لا _لا يحق لنا أن نسميها نهاية، لأن الأنواع المختلفة من الكحول مثلها مثل البنزين المستخرج من قطران الفحم لا تعتبر نهاية، بل هي في الحقيقة بداية عصر جديد من الكيمياء المتشابكة والمتداخلة في بعضها البعض.

الفصل الرابع والعشرون

المواد الغذ ائية والفيتامينات

يجب أن يكون الأكل فناً ومتعة قبل أن يكون علماً وكيمياء، فالنشوة اللذيذة التي تصاحب غذاء شهياً تنطفئ جذوتها إذا ما طبقنا عليها حساب السعرات الحرارية و تعويض الأنسجة المستهلكة.

ولنفرض جدلاً أن أحد الكيميائيين دفع إنساناً سلماً داخل أنبوبة اختبار واسعة، ثم أجرى عليه تجارب علمية وتحاليل كيميائية لمعرفة ما يحتاج إليه جسمه من أغذية، ثم قدم لنا تقريراً بنتائج أبحاثه.

يبدأ مثل هذا التقرير بالإشارة إلى البروتين الذي يكون معظم العضلات ويتكون من نحو ثلاثين جزيئاً من الأحماض الأمينية، من بينها واحد أو اثنان يدخل الكبريت في تركيبها. وتحتوي كلها على النيتروجين والكر بون والأيدروجين والأكسجين.

وربما بدا منطقياً أن أكل الخضر و بروتين اللحم كاف لبناء الأنسجة والعضلات، وهذا غير صحيح، إذ أن بروتين العيش الأبيض مثلاً ينقصه الحامض ألأميني "لايسين" الذي يجب تعويضه ببروتينات أخرى تحوي هذا الحامض ألأميني الأساسي.

وتشير قواعد التغذية الصحيحة بضرورة اختيار عدة بروتينات من اللحم الأحمر واللبن والجبن والحبوب و البسلة والفاصوليا.

ثم يشير التقرير بعد ذلك إلى الدهون الموجودة في جسم الإنسان بكمية كافية تجعل العضلات تنزلق فوق بعضها البعض بسهولة، كما تحفظ التوازن بين مصادر الطاقة الحرارية في الجسم. ويخزن الإنسان ما يحتاج إليه من دهون "على شرط عدم الإفراط" عن طريق ما يأكله من الزبدة وزيت السلاطة و فول الصويا ودهون الحيوانات والمواد

الكربوهيدراتية مثل السكر والنشا التي تتحول في الجسم إلى دهون.

أما بالنسبة للمواد الكربوهيدراتية، فقد وجد الكيميائي كمية ضئيلة جداً من السكر غير المهضوم في جسم الإنسان. كما أن به بعض الجليكوجين "النشا الحيواني" مخزوناً معظمه في الكبد. وهو مصدر سريع للطاقة يلجأ إليه الجسم عندما يدفعنا الغضب أو الخوف إلى التحفز للضرب أو الهرب أو بذل المجهود الفجائي.

وقد أظهرت المشاهدات العلمية أننا نأكل بالفطرة كميات كبيرة من المواد الكربوهيدراتية لماذا؟ إن الإجابة السريعة الشافية عن مثل هذا السؤال، هي أننا نحصل على الطاقة الحرارية اللازمة لنا عن طريق حرق المواد السكرية والنشوية وكذا الدهون أيضاً. و للدلالة على صحة هذه الإجابة نقول إنه لو حرقنا قرص الزبدة الذي نتناوله في الصباح مع طعام الإفطار في مسعر حراري ثم أكلنا نفس الكمية من الزبد فإن كمية الحرارة المنبعثة من الجسم والمسعر تكون متساوية. وقد توصل إلى هذه الحقيقة المذهلة أحد العلماء، حين وضع شاباً في مسعر كبير مزود بمقاييس الحرارة وكل وسائل الراحة المتوفرة في المنزل، ثم أطعمه كميات معروفة الوزن من الأطعمة المختلفة ثم جعله يقوم ببعض التمرينات ويسجل الحرارة المنبعثة من جسمه طول الوقت. كما قام أساتذة جامعة بنسلفانيا بإجراء تجارب مماثلة على الحيوانات بأن وضعوا بقرة في أحد المسعرات الحرارية الكبيرة وقاموا بإجراء سلسلة طويلة من التجارب عليها. وقد ساعدت هذه التجارب على تخطيط جداول توضح القيم الحرارية للأغذية المختلفة.

ولنعد ثانية إلى الكيميائي الذي يحاول تحليل جسم الإنسان، فنجد أن تقريره يعرض لصلابة عظام الإنسان، ويعزوها إلى وجود فوسفات الكالسيوم وبعض الكربونات. ويحصل الإنسان على الكالسيوم اللازم له عن طريق أملاحه الموجودة في اللبن والجبن والمحار والبيض والكرنب ودقيق القمح والفاصوليا والجوز والشيكولاتة والفواكه والخضر.

ولكي يمكن الاستفادة من الفسفور، يجب ان يكون مصدره احد مركباته العضوية

الموجودة في اللبن والجبن والبيض واللحم البقري والجوز والشيكولاتة والفواكه والخضر.

ويبين الجدول التالي كمية العناصر المعدنية الموجودة في المواد الغذائية المختلفة.

+= يحتوي على العنصر ++= مصدر جيد +++= مصدر غني

	الكالسيوم	الفوسفور	الحديد	النحاس	المنجنيز
اللوز	+++	+++	+++	+++	+++
اللوبيا الجافة	++	+++	+++	+++	++
الفاصوليا الخضراء	+	+	++	+	+
اللحم البقري الاحمر	+	+++	++	+	
التوت	+	+	+		+++
كرنب بروكلي	+++	+	++		
كرنب براسل	+	++	++		
القرنبيط	++	+	+	+	+
الجبن	+++	+++	++		+
الشيكولاتة	++	+++	++		+++
الذرة		++	+		+
الهندباء الخضراء	+	+	++		
البلح	++	+	++	+	+++
السمك	+	++	+ أو ++	+	
البيض	+	+++	++	+	
دقيق حبة القمح كلها	+	+++	++	+	+++
الدقيق الابيض	+	++	++	+	+
العدس	++	+++	+++	+++	
الخس	+	+	+	+	+
الكبدة	+	+++	+++		
دقيق الشوفان	+	+++	++		+++
المحار	+	++	+++		
الفول السوداني	++	+++	++		

البسلة الخضراء	+	++	++		
البطاطس	+	+	+	+	+
السبانخ	++	+	++	+	+
اللفت	+++	+	+++	+	++

ويرجع السبب في لون الدم الأحمر القاني ومقدرته على حمل الأكسجين من الرئتين إلى جميع أجزاء الجسم المختلفة، إلى مركب حديدي معقد يسمى الهيموجلوبين. ويحصل الإنسان على الحديد اللازم لتكوين الهيموجلوبين عن طريق الأغذية الغنية بالحديد مثل السبانخ وصفار البيض والعدس والكبد والكلى والخبز المصنوع من دقيق حبة القمح كلها ودقيق الشوفان ولحم البقر والمحار والزبيب والشيكولاتة. هذا وقد دأب آباؤنا على تناول مقويات تتكون من الكبريت والعسل الأسود نظراً لما يحتويه العسل الخام من كميات كبيرة من الحديد. وقد ثبت أخيراً أن الأثر الضئيل من النحاس يزيد قدرة الجسم على الانتفاع بالحديد.

ويحتمل وجود علاقة ما بين نشاط الغدد الصماء والمنجنيز. كما أن هناك ما يثبت أن نشاط الغدة النخامية متوقف على وجود الكميات المناسبة من عنصر المنجنيز في الجسم.

وقد دلت التحاليل الدقيقة التي قام بها الكيميائي على وجود كمية ضئيلة جداً من اليود العضوي لا تزيد على ٢٥ مليجراماً موجود أكثر من نصفها في الغدة الدرقية.

و من الحقائق الثابتة أنه في الأماكن الواسعة البعيدة عن الرياح المحملة برذاذ ماء البحر المالح يوجد نقص في كمية اليود الموجودة في المياه والخضرة. كما أن الأغذية التي مصدرها البحر مفيدة من الناحية الصحية. هذا و تشتهر مقاطعة كارولينا الجنوبية بالخضرة الغنية باليود.

والآن وبعد أن عرفنا أنواع الأغذية التي يتحتم علينا أكلها و لماذا نأكلها، يأتي دور الطريقة التي تم بها هضم هذه الأغذية. إذ أنه من المبادئ المعروفة أن المواد الغذائية غير القابلة للذوبان "الملح والسكر فقط قابلان للذوبان" لا يمكن مرورها خلال جدران

الأمعاء و امتصاصها في الدم الذي يحملها إلى أنسجة الجسم المختلفة، ما لم تتحول بطريقة كيميائية ما إلى مركبات قابلة للذوبان. وتقوم بهذه العملية العوامل المساعدة أو الأنزيمات الموجودة في العصارات الهضمية. ويمكن تلخيص عملية الهضم على النحو التالي.

المواد البروتينية

تكسر جزئياً في المعدة بواسطة أنزيم البيبسين، ثم تكسر نهائياً في الأمعاء الصغيرة بواسطة التربسين والإيربسين، وينتج عن ذلك مركبات تمر خلال جدران الأمعاء و يحملها الدم إلى جميع أجزاء الجسم، أو إلى مركبات تتألف مرة أخرى مكونة بروتين النسيج العضلي.

المواد الدهنية

تتحول إلى مستحلب من حبيبات دقيقة في الأمعاء الصغيرة بواسطة إفراز الصفراء، وتنفصل إلى أحماض دهنية وجليسرين بواسطة أنزيم الليبيز. وهي مركبات تمر خلال جدران الأمعاء ويحملها الدم ثم تتآلف من جديد إلى دهون. أو تحرق في الجسم كوقود يزود الجسم بطاقة حرارية.

المواد الكربوإيدراتية

يضم النشا جزئياً بواسطة أنزيم التيالين الموجود في اللعاب ويحول الباقي منه بواسطة أميليز الأمعاء إلى سكر مالتوز.ثم يتحول سكر المالتوز إلى جلوكوز بواسطة خميرة المالتيز. ويكسر سكر القصب "سكروز" بواسطة خميرة السكاريز الموجودة لم في الأمعاء إلى جلوكوزو فركتوز، ثم يحرق الجلوكوز ليولد طاقة حرارية.

ورغم كل هذه المعلومات الوافية عن احتياجات الجسم "بما في ذلك الماء" فإن صحتنا تتدهور ويعترينا الهزال ما لم يحتو الغذاء على كميات ضئيلة جداً من بعض المركبات الكيميائية الضرورية للجسم وهي الفيتامينات.

وكان مرض أسقربوط البحارة هو أول مرض يكتشف أن مرجعه نقص الفيتامينات.

وقد أودى بحياة الكثيرين من البحارة حين كانت الأسفار تستغرق وقتاً طويلاً فتتلف الأغذية المخزونة، ولم يكن قد اكتشفت بعد طرق حفظ المأكولات.

وعندما عرف أن عصير الليمون يشفي مرض الأسقربوط أصبحنا على أبواب علم جديد هو علم الفيتامينات، وذلك عندما برهن إيكمان في جاوه "عام ١٨٩٧" وفونك في لندن "عام ١٩١٢" على وجود هذه المواد المكملة للغذاء، وقد تمكن هذان العالمان من شفاء مرض البري بري المعروف بين الفقراء الذين يتكون غذاؤهم الرئيسي من الأرز المصقول، وذلك بإضافة قشور الأرز إلى وجباتهم الغذائية مبرهنين بذلك على وجود مادة حيوية في هذه القشور.

ويعتبر فيتامين أ القابل للذوبان في الدهون والموجود في بعض أنواعها ضرورياً لإكساب الجسم مناعة ضد الأمراض ولاطراد نمو الأطفال. وينادي شيرمان بالرأي القائل بضرورة تناول أغذية تحتوي على مقادير كبيرة من هذا الفيتامين إذا أردنا أن نعيش بصحة جيدة.

ويعتبر زيت كبد الحوت والزبد وصفار البيض والخضرة ذات الأوراق الخضراء والطماطم والجزر والبسلة والذرة من أغنى مصادر هذا الفيتامين.

هذا وقد ثبت في السنوات الأخيرة بما لا يقبل الشك أن بعض النباتات تفرز مادة الكاروتين، وهي مادة صفراء مائلة للحمرة تتأكسد بسهولة وتفقد خواصها البيولوجية في الهواء. والحيوانات "بما في ذلك الإنسان" تحول هذا الكاروتين إلى فيتامين أ؛ ولذلك يمكننا الحصول على فيتامين أ إذا أكلنا الزبد أو السبانخ.

و تحول الأبقار الكاروتين الموجود في البرسيم الأخضر إلى فيتامين أ، إذ تفرزه مع اللبن الذي نصنع منه الزبد. بينما يأكل الحوت الكائنات البحرية الدقيقة التي تعيش في الأعماق والتي تتغذى على النباتات البحرية. ويرجع لون الجزر إلى الكاروتين الموجود فيه بكمية كبيرة بدرجة مخففة.

ويسبب النقص في فيتامين ب مرض البربري ب. ويمكن تعويض النقص في هذا

الفيتامين عن طريق التغذية الصحيحة وتناول الأطعمة المناسبة. إلا أنه اعترانا الضعف والوهن وقلت شهيتنا واضطرب الهضم، فإنه يفضل تناول هذا الفيتامين على هيئة أقراص "كلورور الثيامين". ويساعد هذا الفيتامين في التغلب على الأرق كما يزيد القدرة على العمل أيضاً.

ويعمل فيتامين ج "حامض الأسكوربيك" على شفاء مرض الأسقربوط، ويحفظ اللثة والأسنان في حالة سليمة، كما يساعد على التئام الجروح. وإذا أعطى بكميات لا تقل عن ٢٠٠ مليجرام يومياً فإنه يخفف من تأثير حمى اللقاح وأمراض الحساسية. هذا وتقل كمية هذا الفيتامين في الجسم في حالة الأمراض المعدية. وتعتبر الموالح والكرنب الطازج والخضراوات النيئة والطماطم من مصادر هذا الفيتامين الغنية.

أما فيتامين د فهو يساعد الأطفال في طور النمو على تخزين فوسفات الكالسيوم في عظامهم. ويؤدى النقص في هذا الفيتامين أو عدم التعرض لأشعة الشمس إلى إصابة الأطفال بمرض الكساح. ومن البحوث الهامة في ذلك المجال ذلك البحث الذي برهن على أن الأشعة فوق البنفسجية الموجودة في ضوء الشمس أو المنبعثة من مصابيح الزئبق تحول الإرجوستيرول الموجود في الجلد إلى فيتامين د أو ما يعادله. كما يعتبر البحث الذي أدى إلى إشعاع الإرجوستيرول _الذي تفرزه الجزيرة بواسطة الضوء فوق البنفسجي ليكون فيوستيرولاً أو فيتامين د_ من البحوث الهامة جداً. إذ توفر هذه الأشعة الشمسية المخزونة على الطبقات الفقيرة نفقات الرحلات الشتوية إلى فلوريدا أو جبال الألب المرتفعة، وتساعد أطفالهم على النمو و تقوي عظامهم. ويجدر بنا هنا أن نؤكد أن الفيوستيرول لا يعتبر بديلاً كاملاً لزيت كبد الحوت الذي يحتوي على فيتامين أ بالإضافة إلى فيتامين د.

ويحضر فيتامين أ كيميائياً على نطاق واسع في الوقت الحاضر ويعبأ في كبسولات مضغوطة تستعمل في حالات نقص هذا الفيتامين.

أما فيتامين ب$_{١٢}$ فيعتبر العلاج الذي لا بديل له في حالات الأنيميا الخبيثة "فقر

الدم الخبيث".

ويساعد فيتامين ب٢ أو الرايبوفلافين الموجود في اللحم الأحمر واللبن والسبانخ والخس الهندي على تحسين الصحة وإطالة العمر. ويستعمل مع النياسين في علاج مرض البلاجرا.

وما هذه الفيتامينات إلا مواد كيميائية مثلها مثل الهرمونات يحتاج الجسم منها إلى كميات ضئيلة لتنظيم وظائف أعضائه. وقد أمكن فصل الكثير منها مثل فيتامين أ، ب وحضر كيميائياً.

وربما خطر للقارئ هذا السؤال: كيف يمكننا معرفة ما إذا كان غذاء معين يحتوي على أحد الفيتامينات أم لا؟. ولمعرفة ذلك تعطى عدة فئران بيضاء وجبات غذائية ينقصها الفيتامين المراد اختبار وجوده حتى تظهر على الفئران أعراض المرض ونقص الوزن. ثم يضاف الغذاء المراد اختباره إلى وجبات هذه الفئران الغذائية مع ملاحظتها ملاحظة دقيقة كما يتتبع درجة نموها. وتعتبر النتائج التي تعطيها مثل هذه التجارب ذات قيمة كبيرة تجعلنا تعترف بالدور الهام الذي يلعبه الفأر الأبيض في تجارب التغذية.

وتشتمل القائمة التالية على أنواع الأغذية المختلفة وما تحويه من فيتامينات. وينصح المؤلف بطبعها بدقة و تعليقها في مكان واضح في المطبخ، فربما ساعدت على إبعاد الطبيب عن المنزل.

	فيتامين أ	ب	ج	ب٢
التفاح	+	++	++	++
الهليون "الاسباراجاس"	+ أو ++	+++	++	+++
الموز	++	++	++	++
الفاصوليا الخضراء	++	++	++	؟
الفاصوليا الجافة	+	++		
اللحم ألبقري الأحمر	+	++	+	++
التوت الأحمر	++	+	+++	؟

الزبد	+++			
الكرنب الطازج	+	++	+++	++
كرنب مطهي لمدة ٢٠ دقيقة	+	++	++	++
الشمام	++	++	+++	++
الجزر	+++	++	++	++
الجبن	+++			؟
الهندبة	++	++	+++	++
الكولارد	+++	++	++	++
الكريمة	+++	++	+	+++
البيض	+++	++		+++
الجريب فروت	+	++	+++	++
الكلى	++	++	+	+++
الخس	++	++	++	++
الكبد	+++	++	+	+++
الليمون	+	++	+++	++
اللبن الطازج	+++	++	++	+++
اللبن المجفف	++	++	+	+++
البرتقال	+	++	+++	++
المحار	++	++	+	++
الخوخ الطازج	++	++	++	؟
البسلة الخضراء	++	++	+++	+
الفلفل الأخضر	++	++	+++	؟
البطاطس	+	++	++	++
السبانخ الطازجة	+++	+	++	+++
السبانخ المحفوظة	+++	+	++	+++
البطاطا	+++	++	++	؟
الطماطم "المحفوظة والطازجة"	++	++	+++	++
اللفت الأخضر	+++	++	+++	++

اللفت الأبيض	+	++	++	++
الخميرة	–	+++	–	+++

+ = يحتوي على الفيتامين   + + = مصدر جيد

+ + + = مصدر غني

وتتطلب الوجبات الغذائية الصحيحة اختياراً موفقاً مع بعض القيود. هذا ويحتاج رجل الأعمال العادي إلى كمية من الغذاء تمده بطاقة حرارية من ٢٥٠٠ إلى ٣٠٠٠ سعر حراري كبير يومياً، بينما يحتاج العامل إلى ضعف هذه الكمية. ويمكن توزيع مصادر الطاقة الحرارية بالنسبة لرجل الأعمال الذي يأكل باعتدال على النحو التالي:

٧٠ جراماً من المواد البروتينية
٤٠٠ جراماً من المواد النشوية
٨٠ جراماً من المواد الدهنية
← = ٢٦٠٠ سعر كبير

ويمكن حساب كمية الحرارة على الأساس التالي:

جرام دهن = ٩ سعر
جرام بروتين = ٤ سعر
جرام مواد نشوية "كربوإيدراتية" = ٤ سعر
← القيمة الحرارية

ويجب ألا يفوتنا أن نضيف إلى قائمة المواد الغذائية منتجات فول الصويا التي عرفتها موائد الصينيين لعدة أجيال متعاقبة. وتعتبر منشوريا من اكبر البلاد المنتجة لهذا الفول. إذ يزيد إنتاجها على أربعة ملايين طن كل عام، مما جعلها هدفاً للتطاحن والحروب.

ويستحق فول الصويا بما يحتويه من مواد غذائية "٢٠٪ دهن قابل للهضم، ٤٠٪ بروتين جيد وكميات كبيرة من الفيتامينات القابلة للذوبان في الماء والدهون" وما يحتويه

من فسفور وكالسيوم ومغنيسيوم أن يحتل مكان الصدارة في موائد الأمريكيين. ويطحن الصينيون الفول ثم يعالجون المستحلب الناتج إما بكلور المغنيسيوم أو بسليكات الكالسيوم حتى يتخثر، ثم يضغطونه ليصبح على شكل أقراص الجبن التي يطلقون عليها جبن الفول أو "التوفو". وهو ذو طعم لذيذ وسهل الهضم جيداً. وهناك شبه حملة دولية لحث الشعوب وتعليمها كيفية استعمال فول الصويا. ومن مزايا دقيق فول الصويا أنه لا يتزنخ. ويستعمل حالياً في امريكا بواسطة الخبازين وصناع الأيس كريم. هذا ويساعد مرق فول الصويا على الهضم.

وقد شجعت ألمانيا رومانيا على النهوض بزراعة وتصنيع فول الصويا، فأنشأت الأخيرة صناعة هائلة لهذا الفول في مقاطعة باسا رابيا. وكانت تصدر لألمانيا ما يزيد على مليون طن سنوياً. ولما كان هذا الفول من الأغذية الهمة للجنود كان ذلك احد الأسباب التي دفعت روسيا للاستيلاء على باسا رابيا

الفصل الخامس والعشرون

العقاقير ومواد التخدير

في العصور الغابرة كانت الغلبة للبكتريا، فقد قهرت الإنسان وحصدت أرواح الملايين من البشر. ومن أمثلة ذلك ما حدث في وباء الموت الأسود "الطاعون" في العصور الوسطى، ذلك الذي شل الإمبراطورية الرومانية العتيدة، أو حين انتشرت الأنفلونزا في العالم في عام ١٩١٨ فبثت الرعب والخوف في القلوب وأذلت الجنس البشري وجعلته على درجة كبيرة من اليأس والقنوط.

وقد كان الصراع بين الإنسان وهذه الكائنات الشريرة صراعاً في الظلام، سادت فيه نظرية البقاء للأصلح والأقوى كحكم من أحكام القضاء والقدر. ولكن ما لبث المد أن انحسر، وفي أقل من قرن واحد بدأت الأمور تسير في صالح الإنسان، وذلك عندما بدأ يدرس عدوه ويعرف طبائعه.

وتدين البشرية بالكثير لذلك العالم الهاوي ليونهوك أول من صنع مجهراً بدائياً في عام ١٦٨٥ وتمكن بواسطته من رؤية الضواري الدقيقة في قطرة من الماء الملوث. وبذلك أصبح أول مخلوق يرى البكتريا منذ بدء الخليقة، وأتاح لنا فرصة اكتشاف عالم من الكائنات الدقيقة تعيش بيننا تضارع عدا العالم الخارجي الذي اكتشفه لنا التليسكوب.

وقد أرانا ليونهوك بداية الطريق، ولكن لم يقتف أحد من العلماء أثره لمدة قرن ونصف قرن حتى جاء الكيميائي باستير وأرسى حجر الأساس لعلم البكتريا "البكتريولوجيا" بدراساته في تخمر النبيذ والبيرة.

وكنا في حاجة إلى عالم مثل باستير بين عام ١٨٦٠، ١٨٦٤ ليرينا أن تسخين

النبيذ في قارورات زجاجية مغلقة بين درجات حرارة ٥٠،٦٠ مئوية لمدة قصيرة، كفيل بإبادة الخميرة والبكتيريا التي تسبب حموضته وتخمره. وأدت بسترة اللبن و تعقيمه إلى درء المرض واتقاء العدوى، وكان لذلك آثار بعيدة المدى على صحة جيلنا. ثم توالت انتصارات باستير في هذا الميدان حين نجح في القضاء على الجمرة الخبيثة ومرض الكلب، ومهد الطريق أمام كوخ وغيره من العلماء البارزين في مجال البحث الطبي. وللتدليل على عظمة باستير يجدر بنا أن نذكر ما قاله الدكتور . ج . مايو "إن الأبحاث الفريدة التي قام بها الكيميائي باستير والتي غيرت مجرى التاريخ قد أسدت إلى البشرية خدمات لم تقدمها أبحاث كائن من كان من قبل".

تم تلا ذلك اكتشاف آخر عظيم قام به ليستر عام ١٨٦٧ حين وجد أن محاليل حامض الكربوليك "الفينيك" طهرت التلويث المعروف الذي يصيب الجراح في العمليات الجراحية. وقد أحال ليستر إلى الكيميائيين مشكلة البحث عن مطهرات أحدث و أقوى مفعولاً. وكان لهذا النداء أثره. فاستجاب الكيميائيون واكتشفوا أنواعاً أخرى عديدة.

وقد كانت عملية فتح بطن المريض قبل أيام ليستر بمثابة حكم بالإعدام عليه، ولكننا نقبل هذه الأيام على العمليات الجراحية وكلنا ثقة فيما يضعه الجراح من مطهرات فعالة. ترى كم بلغ عدد الضحايا في جيوش قيصر من جراء الجراح الملوثة؟.

وجدير بالذكر أنه لولا اكتشاف أصباغ الأنيلين ما أمكن الانتفاع بما حققه باستير من نصر في صراعه مع البكتيريا. وقد علق ريبلي على هذا القول في كتابه و صدق أو لا تصدق، عندما استشهد بالدكتور ويليام.هـ. والش عميد الأطباء في أمريكا حين قال "من منا كان يحلم بأن اكتشاف سير وليام باركنز لأول صبغة من أصباغ الأنيلين في عام ١٨٥٦ سيصبح حجر الزاوية في تقدم علم الأحياء، وبالتالي في الحرب ضد السل والأمراض المعدية الأخرى..؟، وقد قال روبرت كوخ نفسه "إنه لولا وجود أصباغ مميزة لتلوين البكتريا وصبغها لما استطعت أن أتابع دراسات واكتشافات التي حققتها، كما أنه لا يوجد من المواد الملونة ما يحل محل الأصباغ الأنيلية في هذا المجال".

ولقد جاء تقدم الكيمياء العضوية السريع في النصف الثاني من القرن التاسع عشر عوناً للطب في توفير احتياجاته من مركبات عضوية في الوقت المناسب. ويعتبر فصل و تنقية وتحليل هرمونات الغدد الصماء الفعالة دعوة صريحة للكيميائي، تدعوه لأن يحاول تخليقها من المواد الأولية وتحسين إنتاجها لمجابهة الزيادة المضطردة في استعمالها، ومن الأمثلة البارزة على ذلك هرمون الثايروكسين أو"المنظم الكيميائي" كما يسمى، والذي تفرزه الغدة الدرقية، فقد أتاح الهرمون المحضر صناعياً _والذي ظهر عام **١٩٢٧**_ الفرصة للأطفال البكم والبلهاء للنمو نمواً طبيعياً وكأنهم قد أعطوا الهرمون الطبيعي تماماً. وبالمثل تمكن الكيميائيون من تأليف هرمون الأدرينالين الذي تفرزه الغدة فوق الكلى و الذي يرفع ضغط الدم ويساعد الجسم على مجابهة الطوارئ.

وما إن جاء عام **١٩٣٣** حتى أذيع نبأ فصل هرمون جديد تفرزه بعض الغدد في الجسم، يساعد الأمهات على إدرار اللبن كلما تعذرت الرضاعة نتيجة لنقص لبن الأم المغذي. ويعتبر هذا الهرمون ذا مفعول قوى لدرجة أنه ساعد على نمو الثدي في القطط "ولو أن ذلك ببطء" وإدرار اللبن منها. ويمكن القول بأن مثل هذه التجربة المثيرة ذات نتائج اجتماعية خطيرة.

وفي عام **١٩٢٢** تمكن العالمان بانتنج و بست من فصل هرمون الأنسولين "الذي يخفف من حدة مرض السكر" مع بعض المركبات الأخرى من بنكرياس الحيوانات، ثم تمكن آبل بعد ذلك بعدة سنوات من فصله وتنقيته على هيئة مركب بلوري نقي رمزه الكيميائي "$ك_{٤٥}$ $يد_{٦٩}$ $أ_{١٤}$ $ن_{١١}$. كب.**٣** $يد_{٢}$ أ" وقد تحدى ذلك الجزيء الكبير المعقد العلماء في تأليفه كيميائياً، ولكنهم يعتقدون أن النجاح سيكون حليفهم في النهاية.

و تشغل هرمونات التناسل "المنشطات والمنظمات الكيميائية كما تدعى" بال العلماء في الوقت الحاضر وتسترعي انتباههم أكثر من أي شيء آخر. ولو كان بونس دي ليون حياً في وقتنا الحاضر لكان تحمسه للكيمياء والمعمل الكيميائي أكثر بكثير من شغفه بمزارع فلوريدا وسهولها.

وقد قدمت الكيمياء للإنسان رابع كاورور الكربون كعلاج ناجح المرض الأنكلستوما "مرض التخلف والكسل" الذي عانت منه مصر القديمة، والذي ما زال يتفشى في أماكن يعيش فيها ما يقرب من نصف سكان العالم وإلى عهد قريب وعلى وجه التحديد في عام ١٩٠٩ أنهك هذا المرض مليونين من الأنفس في جنوب أمريكا وأضعف قواهم تماماً. ومنذ ذلك التاريخ اتخذت عدة خطوات هامة للقضاء عليه. وقد ورد في تقرير آبل أن العاملين في مجلس الصحة الدولي التابع لمؤسسة روكفلر قد تمكنوا من شفاء عدة ملايين من ضحايا هذا المرض برابع كاورور الكربون. وهناك مركبات أخرى في دور التجربة من بينها المطهر الكلوي المسمى بالهكسايل روزير سينول. وسوف يعود على العالم فوائد اقتصادية لا حصر لها بالقضاء على هذا المرض.

ولا تعتبر الحياة في المنطقة الاستوائية أو القريبة منها حياة آمنة، إلا إذا اتخذت الحيطة الشديدة ضد أعداء الإنسانية من الناموس الحامل للحمى وذباب تسي تسي الذي ينقل مرض النوم. وقد استعمل الأطباء عقار الكينين الفعال ما يقرب من مائة عام في علاج الملاريا، ولكنه يستعمل الآن بالإضافة إلى مركب الأتبرين المؤلف كيميائياً، وبذلك أمكن التقليل من أضرار هذا المرض الذي كان يفتك بالملايين.

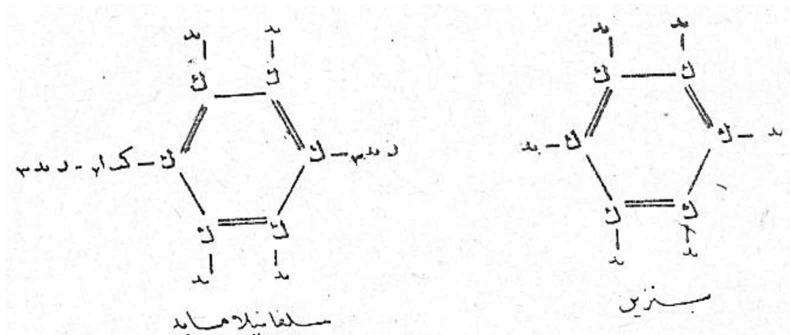
وعندما توصل إيرليخ إلى اكتشاف مركب الأرسفيتامين المعروف للعامة تحت اسم "٦٠٦"، لعلاج الزهري، كان ذلك حافزاً لتحضير مركبات عضوية أخرى يدخل في تركيبها الزرنيخ، ويستعمل بعضها الآن في علاج الزهري وغيره من أمراض المناطق الحارة. و تطبيقاً لقاعدة التشابه الكيميائي أمكن تحضير مركبات عضوية مماثلة تحتوي على الأنتيمون "وهو عنصر مشابه للزرنيخ" وأثبتت تجربتها بعض النجاح. وهناك بادرة أمل في أن يستسلم مرض النوم تحت تأثير "الانتريسيد" ذلك المركب العضوي المعقد التركيب، أو تحت تأثير أحد مركبات الزرنيخ أو الأنتيمون الجديدة.

وقد لوحظ أن مرضى الجذام من سكان الشرق يأكلون لوزة الشالموجرا رغم ما تسببه لهم من اضطرابات هضمية خطيرة، وذلك بقصد الحصول على قدر ضئيل من التحسن في حالتهم ، مما حدا بالأطباء والكيميائيين إلى استخلاص زيت هذه اللوزة

واستعماله في العلاج، بعد أن ثبت لهم أنه يحوي المادة الفعالة التي تؤدي إلى هذا التحسن. ثم جاءت الخطوة التالية وهي فصل الأحماض الدهنية عن الزيت ثم تأليفها مع مجموعات كحولية مختلفة للحصول على مركبات مستساغة الطعم والأثر، وتحتفظ في نفس الوقت بالقيمة العلاجية للزيت، والآن وبعد أن عرف الكيميائي أي مكونات الزيت يحمل الصفات العلاجية، فقد يتمكن في المستقبل من تعديل تركيبه الكيميائي ليكون ذا قدرة علاجية أقوى. وهناك تجارب عديدة تجري على مركبات السلفون وعدة مواد أخرى مقاربة بقصد اكتشاف عقاقير تكون أقوى مفعولاً في علاج هذا الداء الخطير.

ويتطلب البحث في مرض السرطان من الكيميائي أن يجد صبغة جيدة لها القدرة على التمييز بين خلايا السرطان وخلايا الأورام غير السرطانية. ويعتبر حتى الآن اكتشاف هذا المرض الخطير في أولى مراحله أفضل وأضمن سلاح يملكه الأطباء لاستئصاله قبل استفحال أمره.

وقد أحدث اكتشاف السلفانيلامايد حديثاً تقدماً عظيماً في طرق العلاج بالعقاقير، إذ برهن هذا العقار وأشقاؤه السلفاديازين و مركبات السلفا الماثلة على أنها عقاقير لا غنى عنها في مقاومة الالتهاب الرئوي والأمراض المعدية الخطيرة.



وقد ذكر أ.ب لوكارت أنه ما من اكتشاف في الطب كان له الفضل في تقدم العلوم الطبية بوجه عام كاكتشاف التخدير العام. ومع ذلك فحتى عام ١٨٤٢ عندما

استعمل كروفورد. و. لونج _الطبيب الريفي في مقاطعة جورجيا_ الأثير لأول مرة في عملية جراحية بسيطة، كان المرضى يفضلون آلام الجراحة على استعماله.

وكان ذلك إهمالا وتأخيراً كلف الإنسانية الكثير من الشقاء. فابتداء من عام ١٧٩٩ عندما استعمل سير همفري دافي غاز أكسيد النتروز "ن$_{٢}$ أ" أو الغاز المضحك وجربه على نفسه، كتب يقول "بما أن لهذا الغاز القدرة على إزالة الآلام الجسدية، فإنه يبشر باستعماله بنجاح في العمليات الجراحية التي لا تنزف دماء غزيرة" إلا أن كل ما فعله الناس بهذا الغاز هو حضور حفلات ترفيه عامة يستنشق فيها بعض المتطوعين قدراً من الغاز، ليدخلوا البهجة على نفوس النظارة بما يقومون به من حركات هستيرية.

وقد مضت عدة سنوات قبل استخدام الأثير كمخدر، وكل ما هنالك أنهم كانوا يستعملونه في اللهو أو فيما كانوا يسمونه "رقصات الأثير" إلى أن جاء اليوم السابع عشر من أكتوبر عام ١٨٤٦ وأجرى الجراح وارين بمستشفى ماساشوستس العام في بوسطون أول جراحة تحت تأثير الأثير كمخدر عام بمساعدة مورتون طبيب البنج ودعا النظارة لمشاهدة التجربة، في هذا اليوم بالذات أصبح التخدير أقيم ميراث ورثه العالم المتحضر.

ويستعمل الأطباء التخدير العام رحمة بالمرضى، إلا أن فوائده تتعدى في الواقع ما هو أهم من الرحمة والشفقة. فلولاه لاستحال إجراء العمليات الجراحية في البطن و المخ والصدر استحالة تامة. ويدور البحث الآن عن مخدرات أقوى وأفضل.

وقد استعمل الكلوروفورم بعد ذلك وهو يستعمل في أوروبا أكثر منه في أمريكا، وأخيراً جاء استعمال غاز أكسيد النتروز مضافاً إليه الأكسجين، وهو على هذه الصورة يتمتع بمزايا عديدة. وقد أدخل لوكهارت وكارتر غاز الإيثلين "ك$_{٢}$يد$_{٤}$" كمخدر عام ١٩٢٣، ويعتبر استعماله خطوة جديدة في عالم التخدير. وقد اختبرت الغازات المتشابهة كيميائياً كالبروبيلين "ك$_{٣}$يد$_{٦}$" والأستيلين "ك$_{٢}$يد$_{٢}$" ووجدت لها صفات تخديرية ولو أن استعمالها نادر.

ويستعمل الجراحون بكثرة مركب البانتوثال صوديوم الذي يشل عمل الأعصاب،

ومن مميزاته أنه لا يسبب قيئاً للمريض.

وقد ساعد استعمال التخدير الموضعي في الكثير من الجراحات الخاصة. ولم يكن هذا النوع من التخدير معروفاً قبل عام ١٨٨٤ إلا عندما استعمل الكوكايين لأول مرة في عملية جراحية في العين. ونظراً لصفات هذا العقار السامة وكونه من العقاقير التي تؤدي إلى الإدمان، فقد اهتم الكيميائيون بالبحث عن الجزء الذي يحمل الصفات التخديرية في جزيء الكوكايين. وقد تطلب ذلك معرفة تركيب الجزيء كله، ولم يكن ذلك بالعمل الهين، فقد استغرقت هذه العملية عدة سنوات من البحث المضني، وبتأليف جزيئات جديدة تحوي مجموعات من ذرات جزيء الكوكايين وتجربة هذه المركبات الجديدة، تمكنوا أخيراً من معرفة ذلك الجزء الذي يحمل الصفات التخديرية في جزيء الكوكايين.

وقد أدى هذا البحث إلى اكتشاف وإنتاج البروكيين "نوفوكيين" في عام ١٩٠٥، وهو مخدر موضعي يفوق الكوكايين ويقل عنه في الصفات السامة، كما أنه لا يسبب الإدمان. ثم تلا ذلك اكتشاف البوتين ومركبات أخرى عديدة.

كما أمكن تحسين المنومات، وتعتبر مجموعة حمضي أمايل إيثيل باربيتيوريك أحدث هذه المجموعات الفعالة. فكل مجموعة في الجزيء لها صفاتها الخاصة وفعلها الخاص بها، وبذلك تخلق حالة توازن من ناحية المفعول في الجزيء كله.

وإنا لنرى من هذا كله أن الطب يطلب من الكيمياء أن تميط اللثام عن تركيب السموم التي تفرزها الأمراض، وتركيب مضادات السموم والفاكسينات "الطعوم" والمواد التي تفرزها البكتريا، وأن تكتشف أصباغاً مميزة لتلوين البكتريا. وأن تحضر مواد التخدير والمواد المطهرة والعقاقير التي تخفف الآلام والتي تشفي من الأمراض، وإنها لمسئولية جسيمة، ولكن الكيمياء قامت بها كلها بنجاح منقطع النظير.

وقد ذكر الأخوان دكتور ويل ودكتور شارلي مايو أن متوسط عمر الإنسان أيام الملكة إليزابيث الأولى كان عشرين عاماً، بينما بلغ متوسط عمر الإنسان في أمريكا

حالياً ٦٧ عاماً للذكور و٦٩ عاماً للإناث. ومن المنتظر أن يصل إلى أكثر من ذلك عما قريب.

ويجدر بنا هنا أن نذكر ما قاله جون . و . دافيس. لقد قال "أن هناك وسائل عديدة ترفع الإنسان إلى مرتبة الشهرة، وقد بدا لي انه عندما يحين موعد الحساب وتنادى الأسماء اللامعة في التاريخ لتقدم حساباً عما فعلته، لت تكون المراكز الأولى لأولئك القواد الذين جعلوا الأرض ومن عليها تميد تحت وطأة جيوشهم، ولا لأولئك الساسة الذين رفعوا أمماً وأذلوا إمبراطوريات، ولا للخيرين الذين أوقفوا جهودهم على خدمة بني البشر، ولا حتى للأدباء والشعراء والموسيقيين، ولا لأولئك الفنانين الذين حولو أحلامهم إلى نتاج غني يتذوقه ويتمته به أولئك الذين حرموا وهبة الفن. ولكن يأتي قبل كل هؤلاء على ما اعتقد الباحثين والمكتشفين الذين أزاحوا غيوم الجهل التي غشيت عيوننا. فالمكتشفون العظام والعلماء أمثال أرشميدس، كوبر ينكس، جاليليو، كولومبس، ماجيلان، نيوتن، هارفي، واتس، ولافوزايه سواء من اشتهر منهم أو لم يشتهر، سيكونون أول من يدعى. وسيكون لويس باستير على مقربة من رأس الطابور الطويل، ذلك العالم الذي حددت أبحاثه تاريخ الطب إلى عهدين: العهد الذي سبق اكتشافاته وعهد ما بعد هذه الاكتشافات.

ونضيف إلى هذا السجل الحافل من المديح ما ذكره الدكتور شارلي. م .أ.ستاين من "أن الطب الحديث لا يعدو كونه كيمياء تطبيقية. ويعتبر جسم الإنسان آلة كيميائية معقدة ولكنها متجانسة".

ويعتبر اكتشاف البنسلين والمضادات الحيوية الأخرى من الفطر من احدث انتصارات الطب التي فضلها الكيميائي وقدمها للأغراض الطبية. وتجري الآن التجارب على آلاف الفطريات الموجودة في التربة من جهات عديدة أملاً في البحث عن مضادات حيوية جديدة.

الفصل السادس والعشرون

الخمائر والفطريات والبكتريا

قامت الكائنات الدقيقة التي لا تعرف الكلل لبضعة آلاف من السنين معظم ما يحتاج إليه الإنسان دون أن تلقى الجزاء الكافي. فحقيقة عرف قدماء المصريين كيف يصنعون الخبز بواسطة الخميرة، كما عرف الإنسان منذ الأزل عمليات التخمر التي تدخل في صناعة النبيذ والجعة والخل، ولكنه عرفها واستخدمها دون أن يدرسها أو يعرف كنها.

وكما هو الحال في أية دراسة، كان لابد من وجود أدوات و أجهزة للاستعانة بها في البحث، ولذلك لم يتمكن الباحثون من معرفة شيء عن البكتيريا إلى أن صنع لوينهوك مجهراً بدائياً في القرن السابع عشر. إلا أن العلماء لم يصيبوا نجاحاً يذكر فيما يختص بدراسة الكائنات الدقيقة كالبكتيريا والخميرة والفطريات، إلى أن جاء باستير منذ أقل من قرن مضى وأرسى قواعد علم الكائنات الدقيقة. وكان ذلك أمراً طبيعياً يتفق مع القاعدة العامة التي يسير عليها تطور أي فرع من فروع العلم من توافر العلماء الأفذاذ والأجهزة العلمية التي تعينهم على الدراسة.

ولقد اعترانا بعض القلق المشوب بالخوف من جراء هذه الكائنات الدقيقة كلما تذكرنا أعداءنا من البكتيريا واحتمال تلوث الأطعمة التي تأكلها بها. ولكننا تعلمنا كيف نروض هذه الكائنات النباتية الدقيقة وأجبرناها على القيام بتقديم الكثير مما نحتاج إليه.

وتبلغ الأموال المستثمرة في صناعة الأغذية في الولايات المتحدة مثلاً ما يقرب من ثمانية ملايين جنيه يستثمر منها ٪١٠ في صناعات تتصل بطريقة ما بعمليات التخمر، وإذا كنت في شك، من هذه الأرقام ففكر في إنتاجها من الخبز والجبن و الخل

والمخللات كأمثلة ناطقة.

وللتدليل على أهمية الكائنات الدقيقة، يمكن القول بأنه بدون بكتيريا التربة لعاقت الحيوانات والنباتات التي ماتت في العصور الحالية الحياة على الأرض وجعلتها مستحيلة أو على الأقل غير محتملة.

والآن وقبل أن نبدو وكأننا نغير موضوع الحديث فجأة، نسأل القارئ أن يذكر لنا بعض العوامل المساعدة التي صادفته في حياته. وقد يشك القارئ في مقدرته على التعرف عليها بمجرد النظر، وربما يفيده كثيراً أن يعرف أن العوامل المساعدة هي فعلة الخير في عالم الكيمياء ومساعدونا المخلصون! فكلما دعت الحاجة إلى دفع عجلة تفاعل كيميائي إلى الأمام أو اعترى المساهمين في الصناعات الكيميائية القلق من جراء قلة الأرباح التي تدرها الصناعات أضفنا إلى العملية بعض البلاتين أو الحديد أو النيكل أو أكسيد الفانديوم أو أي مركب آخر من قائمة المركبات التي تزيد سرعة التفاعل. ومن مميزات العامل المساعد الجيد أن القليل منه يستعمل لفترة طويلة منشطاً الجزئيات المتخاذلة ويدفعها إلى التفاعل دون أن يستهلك.

والاتحاد البطيء بين الأكسجين و ثاني أكسيد الكبريت مثلاً تتضاعف سرعته عدة مرات إذا أمررنا هذين الغازين على جسم مسامي مغطى بطبقة من رماد البلاتين فيتكون ثالث أكسيد الكبريت، وبإضافة الماء إليه ينتج حامض الكبريتيك. ويمكننا بشيء من العناية استعمال الكمية الواحدة من هذا البلاتين المساعد لعدة سنوات متتالية لتنتج آلاف الأطنان من حامض الكبريتيك.

ويسود الاعتقاد الآن أن لكل تفاعل كيميائي عاملاً مساعداً خاصاً به أو ربما أكثر، وما علينا إلا أن نكتشف هذا العامل الخاص _وقد ذكرنا حتى الآن العوامل المساعدة غير العضوية والمعادن ومركباتها وجميعها مركبات_ لا حياة فيها.

ومن الحقائق المذهلة أن جسم الإنسان يفرز بهدوء وأناة بعض العوامل المساعدة التي تعتبر من أكفأ العوامل التي عرفت، رغم أننا لم نفخر يوماً ما بمقدرتنا الهائلة على

إفراز هذه العوامل التي هي من فصيلة تحتوي على مركبات الكربون فقط مثل بيسين العصارة المعوية. وتتوقف عملية الهضم على عمليات الانحلال التامة في سلسلة التفاعلات التي تحدث الطعام.

وتسمى العوامل المساعدة التي يفرزها الحيوان والنبات بالأنزيمات. ومن المعروف أن النبات لا يقل عنا كفاءة في هذا السبيل. وللتدليل على ذلك نأخذ مثلاً حبة القمح، فبمجرد ظهور نبتها الخضري الأول فوق التربة تبدأ على الفور مشاكلها في الحياة. فالنشا المخزون في الحبة _والذي يعتبر غذاءها الأوحد_ غير قابل للذوبان، فكيف إذاً يمكن لعصارة النبت الصغير أن تحمله. وفي هذه الناحية نرى أنه في اللحظة المناسبة تفرز الحبة النباتية عاملاً مساعداً هو عبارة عن مركب كيميائي يسمي الأميلين، يساعد على تحويل النشا غير القابل للذوبان إلى سكر المالتوز الذي يتناوله النبت الصغير بواسطة أنزيم آخر يحوله إلى سكر الجلوكوز السريع الذوبان.

وحتى الكائنات النباتية البسطية المعروفة بالمثيرة والفطر والبكتيريا تفرز عوامل مساعدة عضوية أو أنزيمات. وقد أمات بوخنر نبات الخميرة بطحنه مع الرمل، ثم استخلص من مسحوقه عصارة وجد أنها قادرة على إحداث التخمر الذي تقوم به الخميرة الحية تماماً، مبرهناً بذلك على أن عملية

التخمر ما هي إلا عملية كيميائية بحتة لا تتوقف على الحياة. ونحن نعلم أنه يمكن محاكاة بعض التفاعلات التي تقوم بها الأنزيمات بواسطة المواد الكيميائية العادية التي نستعملها. ومن الأمثلة على ذلك أن الأثر البسيط من أي حامض يحلل النشا المبلل إلى جلوكوز كما يحول سكر القصب إلى خليط من سكر العنب "الجلوكوز" والليفيلوز.

ويمكن تلخيص التفاعلات التي تقوم بها الأنزيمات في تحضير الكحول على الوجه الآتي:

١- يتحول النشا المخزون في الحبوب إلى مالتوز بواسطة أنزيم خاص موجود في نبت الشعير.

٢- يتحول المالتوز إلى جلوكوز "سكر قابل للتخمر" بواسطة أنزيم تفرزه الخميرة.

٣- يتخمر الجلوكوز إلى كحول وثاني أكسيد الكربون بواسطة أنزيم خاص يسمى الزايميز يفرزه نبات الخميرة.

ك$_6$ يد$_{12}$ أ$_6$ ← 2ك أ$_2$ + 2ك$_2$ يد$_5$ أ يد

"جلوكوز" "كحول"

ومن الغريب أن سكر القصب لا يتخمر إلى كحول مباشرة بواسطة الزايميز. ولكن يجب أن يتحول أولاً "مثل النشا" إلى سكريات أحادية قابلة للتخمر، ولذا يفضل صانعو النبيذ خلسة أن يبدأوا بالجلوكوز.

وتعمل بعض الأنزيمات بسرعة مذهلة، ونذكر منها على سبيل المثال أنزيم اليوريين الذي ينشط تفاعل الماء مع البولينا بدرجة كبيرة، حتى إن وزن النشادر الناتج يعادل وزن الانزيم ١٢٠ مرة في كل ٥ دقائق في درجة الحرارة العادية.

(ن يد$_2$)$_2$ ك أ + يد$_2$ أ ← ك أ 2 + 2 ن يد3

بولينا نشادر

ومن الطبيعي أن هذه الخميرة يجب أن تتغذى وتتدلل إلى حد ما. وهي تكون أكثر نشاطاً في الوسط القليل الحموضة، ولكنها لا تعمل إلا في درجات الحرارة الملائمة لها. وتختلف الخميرة عن الفصائل الراقية من النبات في كونها غير قادرة على الاستفادة من ثاني أكسيد الكربون الموجود في الهواء لتحصل على ما يلزم أنسجتها من المواد الكربونية. ولكنها تعتمد على المواد السكرية لتحصل على ما يلزمها من هذه المواد. كما برهن باستير على أن أملاح الأمونيوم أساسية لحياتها ونموها. بينما يعتقد بعض الباحثين أن فوسفات و كبريتات البوتاسيوم والمغنيسيوم والكالسيوم منشطة لها.

وربما جاء اليوم الذي تحل فيه مزارع الخميرة محل الزراعة والمزارع الشاسعة. ومن يدري فربما كان نبات الخميرة هو الإنقاذ الوحيد للبشرية عندما تتعقد مشكلة كثافة

السكان. وفي ذلك كتب بارنارد يقول إن ثلاثين رجلاً يعملون في مصنع في حجم عمارة سكنية متوسطة يمكنهم أن ينتجوا كميات غذائية من الخميرة تعادل ما ينتجه ألف مزارع يعملون في ٥٧ ألف فدان في دورات الزراعة العادية". و تبدو تعاليم مالتوز "والتي تنادي بعدم الزواج للحد من النسل، لأن زيادة السكان أكبر نسبياً من زيادة المواد الغذائية" في نظر الكيميائي أنها النظرة العابسة لعالمنا المتشائم. فبينما نستطيع نحن الكيميائيين تحضير أملاح النشادر من نيتروجين الهواء، فإننا نعجز تماماً عن استعمال هذا النيتروجين غير العضوي كغذاء لنا. هذا في الوقت الذي تقوم فيه الخميرة بذلك فتحوله إلى غذاء بروتيني لازم لأنسجتها ثم تأكله الماشية من بعدها. وربما استطعنا في المستقبل تربية خميرة ذات طعم مستساغ ومعالجتها بطرق خاصة حتى لا تتعرض لأدنى ضرر لو أكلنا كميات كبيرة منها. ونأكل منها حالياً كميات صغيرة نظراً لما تحويه من فيتامينات ب ، ج كما نستخلص منها صناعياً كميات كبيرة من الأرجسترول الذي يعتبر أساس فيتامين د.

وقد يبدو أمراً بعيد الاحتمال لو أننا تنبأنا بأن جيوش المستقبل سوف تستعمل الخمائر من بين أسلحتها الرئيسية. إلا أن هناك دليلاً على ذلك فما حدث فعلاً في الحرب العالمية الأولى حين عانت ألمانيا نقصاً خطيراً في كميات الدهون اللازمة لإطعام الشعب ولصناعة الصابون والجليسرين، تلك المادة الأساسية في صناعة النتروجليسرين. وقد أمكن تدارك هذا النقص الخطير باكتشاف نوع من الخميرة يخمر السكر العادي إلى جليسرين، فاستعمل فوراً و بكميات كبيرة، ووصل إنتاجه إلى ألف طن من الجليسرين في الشهر.

وربما اعتقد المواطن العادي أنه يمكنه الاستغناء عن هذه الفطريات التي طالما ربطها في ذهنه بتلك الخيوط أو الشعيرات الخضراء أو البيضاء أو الزرقاء التي يراها على الخبز العفن أو الفاكهة القديمة والأحذية البالية المتروكة في الأماكن الرطبة. ولكن هل تعلم أن الفضل في الطعم اللذيذ المعروف عن بعض أنواع الجبن مثل الكامبرت والركفور راجع إلى فعل فصائل منتقاة من هذه الفطريات.

ويحضر حامض الستريك _الذي يستعمل بكثرة في المياه الغازية_ بكميات كبيرة من سكر القصب بواسطة نوع خاص من الفطر، وفي ذلك منافسة لأشجار الليمون التي كانت تنتج هذا الحامض من ثمارها. ومنذ عهد قريب جداً تمكن العالمان هيريك و ماي من زرع نوع من الفطر يمكنه تحويل

الجلوكوز إلى حامض الجلوكونيك، ذلك الحامض النادر الذي وصل سعر الرطل منه في وقت من الأوقات إلى ثلاثين جنيهاً، فانخفضت تكاليف إنتاجه إلى بضعة قروش للرطل، ولو أن الطلب عليه مازال ضئيلاً. وتعتبر جلوكونات الكالسيوم وهي إحدى أملاح هذا الحامض من أفيد أملاح الكالسيوم المستعملة في التغذية .

وفي عام **١٩٣٣** اكتشف وارد ولوكوود الأمريكيان فطرة يسمى بنيسيليم جافانيكام يحول الجولوكوز إلى مواد دهنية في مدي اثني عشر يوماً.

وأظن أنه لا جدال في الاعتراف بخطورة البكتيريا خاصة إذا فكرنا في علاقتها بالأمراض. على أنه من جهة أخرى يجب ألا يغرب عن بالنا ذلك الدور الهام الذي تقوم به الميكروبات الصديقة في حياتنا.

فقديماً وقبل أن يعرف الإنسان كيف يثبت نيتروجين الجو ويحوله إلى مركبات يتغذى عليها النبات. قامت بكتيريا التأزت _التي تنمو على جذور البرسيم و نبات الألفالا والبقول الأخرى_ بهذه العملية بأناة وتؤدة، مغذية التربة بالمركبات الأزوتية استعداداً للمحصول القادم.

وربما حدث في الأيام الأولى إبان عصر ما قبل التاريخ أن سقطت بعض فصائل البكتيريا _السابحة في الهواء_ في اللبن، فحولت حلاوته إلى حموضة وسكره المعروف باللاكتوز إلى حامض اللبنيك. كما أنه غير معروف بالتحديد متى صنع الإنسان طبق السواد كراوت "وهو طبق ألماني مفضل يصنع من الكرنب المخلل" بواسطة باسيلوس حامض اللاكتيك "اللبنك" . وكل ما يمكن أن يقال في هذا الشأن، إنه طبق معروف منذ القدم.

ويتعمد المزارع الحديث وضع أكوام من الحبوب النيئة في حفر تحت الأرض ، حيث تعمل فيها اللاكتوباسيلوس مخمرة إياها، فتحولها إلى غذاء يناسب ماشية المزرعة. وينتج عن هذه العملية أحماض أخرى بجانب حامض اللاكتيك. ويعود الفضل في هذه العملية إلى ما يقرب من ٨٠ بليوناً من البكتيريا في كل ملعقة صغيرة من العصارة.

ويعمل جسم الإنسان جاهداً على تربية مزرعة نامية من الباسيلوس أسيدوفيليس في الأمعاء السفلى لكي تقضي على الأنواع الأخرى الضارة من البكتيريا. وتحصل هذه البكتيريا النافعة على ما تحتاج إليه من طاقة عن طريق المواد الكربوإيدراتية و خاصة اللاكتوز "سكر اللبن"، مكونة مواد غير ضارة مثل حامض اللاكتيك. وهذا هو السبب في أننا كثيراً ما نأكل اللبن الرائب ومشتقاته.

وتتكون مزرعة البكتيريا في الأمعاء السفلي من مجموعة ضارة تحصل على الطاقة اللازمة لها من مخلفات المواد البروتينية، مكونة الأمينات السامة والفينول وكبريتيد الأيدروجين ومركبات أخرى. و تعتبر كلها مسئولة عن التسمم الذاتي. ولو قدر للمواد الكربوإيدراتية أن تصل إلى الأمعاء السفلى "وقلما يحدث هذا" لتغذت هذه البكتيريا التعفنية عليها بدلاً من المواد البروتينية، ولنتج عن ذلك مواد كيميائية غير ضارة.

ويستند هذا الرأي إلى حقيقة معروفة وهي أن بكتريا حامض اللاكتيك في السوار كوارت والأغذية الحمضية الأخرى تمنع التحلل والتعفن، وذلك لأنها توقف نشاط و تكاثر البكتيريا الضارة.

وتفضل معظم البكتيريا الأوساط المتعادلة أو القليلة القلوية، بخلاف الخميرة التي تفضل الوسط الحمضي، ولذا تستخدم في صنع الخبز من القمح. فإضافة القليل من الخل يساعد الخميرة على القيام بوظيفتها منتجة غازات تساعد على تخمر الخبز وانتفاخه، وفي الوقت ذاته يحد من نشاط الأنواع الأخرى من البكتيريا التي تسبب تلف الخبز.

وحديثاً أمكن تصنيع البكتيريا لتعمل على نطاق واسع، ومن الأمثلة على ذلك

بكتيريا الكلوستريديام أسيتوبيتيليكام التي تحول النشا إلى كحول البيتايل "المستعمل في صناعة بويات السليولوز"، وكذا الأسيتون ذلك المذيب الهام. هذا بالإضافة إلى مركبات أخرى. وتسلط الأضواء في الوقت الحاضر على الفطريات كمصدر هام لتحضير المضادات الحيوية.

بعض المضادات الحيوية الهامة

البنسلين ويستعمل ضد:

الالتهاب الرئوي _ الحمى القرمزية _ الزهري والسيلان _ التهاب عظم النتوء الحلمي خلف الأذن.

الستربتوميسين ويستعمل ضد:

بعض أنواع السل _ التهاب الغشاء البريتوني _ السعال ألديكي _ الطاعون ألدملي.

الأوريوميسين ويستعمل ضد:

حمى التيفوس _ حمى التيفود _ الحمي المتموجة _ الدوسنطاريا الأميبية _ الحمى القرمزية _ الهربس المنطقي.

الكلوروميستين ويستعمل ضد:

حمى التيفود _ نوع من حمى التيفوس في أمريكا تنتقل عدواه بواسطة قراد الخشب _ الحمى المخية الشوكية _ السعال ألديكي.

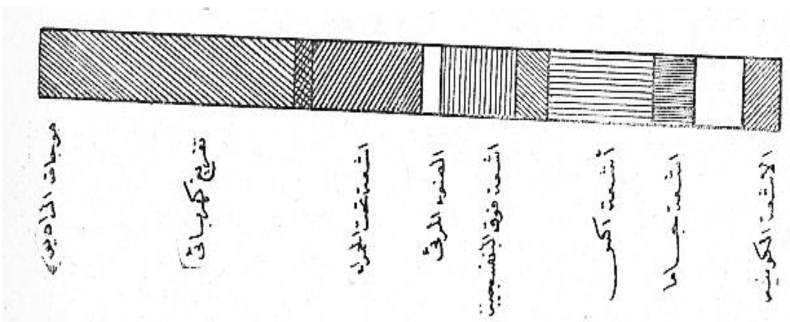
الترامايسين ويستعمل ضد:

الحي المتموجة _ الحمى المخية الشوكية _ التسمم الدموي _ السعال ألديكي _ حمى الخنادق.

الفصل السابع والعشرون

الموجات الضوئية

من الحقائق المعروفة أن أشعة الشمس تمتد إلى ما وراء موجات الضوء المرئية إلى موجات الأشعة تحت الحمراء من ناحية، والموجات فوق البنفسجية القصيرة من ناحية أخرى. كما أنه أمكن إثبات أن موجات الراديو والموجات الحرارية والضوء المرئي والأشعة فوق البنفسجية وأشعة أكس والأشعة الكونية كلها أجزاء من الحزام الهائل من الأشعة، متشابهة في السرعة ولكنها مختلفة في أطوال موجاتها. وإذا سمينا مجال الضوء المرئي ثمانياً واحداً فإنه يمكن اعتبار المجال الضوئي كله ٦٠ ثمانياً. وتعتبر موجات الأشعة الكونية أقصرها وموجات اللاسلكي أطولها.



ثمانيات الإشعاع

هل الإشعاع حركة موجية في أثير مجهول يملأ كل الفراغ؟ أو أن الضوء مكون من إشعاعات من جزيئات متحركة أو جيوب صغيرة من الطاقة يطلق عليها لفظ كوانتا "كمية"؟ . إن التجارب العملية تؤيد كلتي النظريتين.

وكان هناك لكل من النظرية الموجية و النظرية الجزئية للضوء مؤيدان.

فإن الشعاع الضوئي يبدو كما لو كان مكوناً من موجات متناهية في الصغر متتالية، وباعتراض موجات الضوء بشبكة معدنية ينتج تأثير مماثل لما ينتجه شعاع من جزيئات معلومة. وعليه فإن الجزيء من المادة إما أن يكون مركزاً لعدة موجات صغيرة متوالية، وإما أن تكون الموجات الصغيرة لها نفس صفات الجزيئات. إذ أن كلاً من المادة والطاقة تبدوان كما لو كانتا مكونتين من موجات أو جزيئات صغيرة.

كما أننا نعلم أن الضوء له تأثير ملموس، وأن الشمس هي مصدر الطاقة. فالطاقة المنبعثة من إحراق كتلة من الفحم ما هي إلا طاقة مختزنة لعدة ملايين من السنين في إحدى أشجار السرخس، وذلك بفعل المادة الخضراء المسماة بالكلوروفيل والموجودة في الأوراق، وهي تقوم بتحويل الطاقة الضوئية إلى طاقة كيميائية. والكلوروفيل مركب مغنيسيومي معقد رمزه الكيميائي "ك$_{55}$ يد$_{72}$ أ$_{5}$ ن$_{4}$ مغ" وهو وسيلة الحياة على الأرض أو معظم الحياة على الأقل. ويعمل هذا المركب _الذي لا يتكون إلا بتعريض النبات لضوء الشمس_ على تفاعل ثاني أكسيد الكربون الموجود في الهواء مع الماء الموجود في العصارة النباتية على النحو التالي:

$$6\text{كأ}_2 + 5\text{يد}_2\text{أ} \leftarrow 6\text{أ}_2 + \text{ك}_6\text{بد}_{10}\text{أ}_5 \left(\text{نشا}\right)$$

ويلعب هذا التفاعل دوراً هاماً في حياة النبات والإنسان على السواء. وللتدليل على ذلك نقول إن ملايين الأطنان من ثاني أكسيد الكر بون تنطلق في الجو نتيجة لعمليات التخمر والتعفن والاحتراق والتنفس. و تعتبر هذه الكميات الهائلة كافية لخنقنا، لولا ذلك الدور الهام الذي يلعبه كل من النبات الأخضر والمحار. ويمكننا الآن أن نعرف بسهولة من أين يأتي المحار بجزء من كربونات الكالسيوم التي تكون الصدفة المغطية لجسمه.

ولتسهيل الاتصال بين الهواء والكلوروفيل الموجود في أوراق النبات، توجد على سطح ورقة النبات العادية ما يقرب من ١٢ مليون فتحة تسمى بالثغرات، تصل إلى داخل نسيج الورقة. هذا ويلزم لاستهلاك ثاني أكسيد الكربون الخارج مع زفير الإنسان

في ٢٤ ساعة في المتوسط حوالي ٦٠ متراً مربعاً من سطح أوراق النبات الخضراء.

وتستحوذ أوراق النبات الخضراء على كل الأكسجين المتحد مع ثاني أكسيد الكربون لتكون منه المواد النشوية أو السكريات أو السليولوز التي تتجمع في أنسجته، وعندما نأكل هذا النبات أو نحرقه فإن الطاقة التي نحصل عليها ما هي إلا الطاقة المنبعثة من ضوء الشمس، والتي استعملها النبات لإتمام هذا التفاعل الهام الذي يطلق عليه التمثيل الضوئي. ويقوم العلماء الأفذاذ بمحاولة معرفة سر الكلوروفيل، حتى إذا تم لهم ذلك أمكنهم تسخير الشمس في تحضير المواد الكربوإيدراتية بتعريض المحاليل المائية من غاز ثاني أكسيد الكربون لأشعة الشمس الحامية في وجود عامل مساعده مناسب.

إن هذا حلم يراود العلماء وربما يتحقق يوماً ما، فإذا نفذ احتياطي الفحم والبترول وزاد تعداد السكان زيادة أكبر من المحاصيل التي تنتجها الأرض، فإن بقاء الجنس البشري يتوقف على اكتشاف سر هذا التمثيل الضوئي.

و يقول هـ.أ. سبوهر "إن أشعة الشمس تولد طاقة فوق كل فدان في أواسط غرب أمريكا تعادل في قوتها ١٤٧٦ طناً من الفحم في فترة ٩٠ يوماً في موسم الزراعة وتنتج هذه الثروة الطائلة من الطاقة تسعة أرادب من القمح لكل فدان، ورغم أن هذا محصول كبير فإننا لو حسبنا الطاقة الناتجة عنه لوجدناها لا تزيد عن الطاقة المنبعثة من طن من الفحم".

ويعتبر ذلك فقداً كبيراً في هذه الطاقة النافعة يغرينا بالتفكير في تصنيع عملية التمثيل الضوئي. ويبدو أن هناك أملاً في ذلك رغم الشكوك التي يبديها العلماء.

وقد اخترع لانج خلية كهرضوئية تتكون من طبقتين من النحاس بينهما طبقة من أكسيد النحاس. وعند سقوط الضوء على أحد الألواح النحاسية الرقيقة تنطلق الإلكترونات خلال طبقة أكسيد النحاس في طريقها إلى اللوح الآخر ويتولد تيار كهربي.

ورغم ضآلة التيار الناشئ فإن المحاولة

كانت مشجعة.

ويبلغ مقدار الطاقة الشمسية في مدينة كواشنطن في أيام الصيف الصافية وقت الظهيرة ١,٣ سعر لكل سنتيمتر مربع في الدقيقة، وتقدر هذه الطاقة الشمسية الواقعة على الفدان الواحد بقوة مقدارها ٤١٠٠ حصان.

وفي أبريل من عام ١٩٣٦ عرض الدكتور شارلس.ج. أبوت من معهد سميث بواشنطن جهازاً يتكون من أحواض من المرايا تعكس أشعة الشمس، لتسخن سائلاً أسود ذا درجة غليان مرتفعة في أنابيب زجاجية. ويمر هذا السائل على أنابيب مليئة بالماء فيتحول إلى بخار يدفع آلة صغيرة إلى الحركة.

هذا وقد قام شومان وبويز بصنع أحسن آلة بخارية ضخمة تدار بأشعة الشمس في مصر عام ١٩١٣. وبلغ سطح مرآة هذه الآلة ثلث فدان. ولم تكن قدرة هذه الآلة كبيرة، إذ لم يتعد الجزء الذي تستغله من طاقة الشمس ٤,٥٪ من مجموع الطاقة كلها. ومازالت مثل هذه الآلات تكلف أكثر من المراجل العادية والآلات البخارية التي فكروا في إحلالها محلها.

في أواخر عام ١٩٣٦ تمكن أحد الكيميائيين القديرين من تحويل ١٠٪ من الطاقة الشمسية إلى تيار كهربي مباشرة، وذلك باستخدام عاكسات طولية تدور مع الشمس بنظام آلي تتحكم فيه ساعة. وتعمل هذه العاكسات على انعكاس أشعة الشمس على مجموعة من المحولات الزهيدة التكاليف. وكان أغلى شيء في جهازه هي المرايات المصنوعة من سبيكة الماجناليوم.

ويشير المنطق السليم باستخدام مثل هذه الأجهزة في إدارة مضخات الري في الأماكن الجافة المشمسة، أو في المزارع المنعزلة التي تتوفر فيها أشعة الشمس وتكون فيها مصادر الطاقة من فحم وبترول مرتفعة الثمن.

أما العين الكهربية "العين السحرية" التي تستعمل في عد الأشخاص المارين في

الضوء والزكائب والسيارات المندفعة في الطرقات أو في تنظيم حركة الآلات أوتوماتيكياً، فهي عبارة عن خلية كهرضوئية. ويصف آيفز الخلية الكهرضوئية بأنها مصباح زجاجي مفرغ أو محتو على القليل من غاز نادر ويتكون السطح الداخلي لقطبها السالب عادة من طبقة من المعادن القلوية "روبيديوم" ويخرج منه سلك إلى خارج الزجاج. ويتكون القطب الموجب من سلك حلزوني يخترق الزجاج إلى الخارج أيضاً. ويتصل سلكا القطبين الموجب والسالب بجلفانوميتر. وعندما يسقط الضوء على الخلية يسجل الجلفانوميتر تياراً كهربياً يتولد ويختفي فجأة، كما تتناسب شدته مع قوة الإضاءة. ومن الممكن دفع هذه الإلكترونات الضوئية التي تنبعث من معدن الخلية بسقوط الضوء حول الدائرة بواسطة بطارية. هذا ويجعل تغير التيار تبعاً لشدة الضوء من هذه الخلية جهازاً نافعاً.

ومن المقترحات العملية للاستفادة من هذه الخلية استخدامها للتحذير من اللصوص، وذلك بإمرار شعاع من الضوء فوق البنفسجي غير المرئي بحيث يعترض طريق كل من يحوم ليلاً بقصد السرقة.

وبسقوط هذا الضوء على جهاز زجاجي به عين سحرية يتولد تيار كهربي يسبب رنين أحد الأجراس المتصلة بالدائرة. وربما يبدو هذا الاستعمال تافهاً بجانب الاستعمالات الهامة للعين السحرية في التليفزيون والسينما الناطقة. ثم هنالك العيون السحرية المركبة في أحد الأنفاق تحت نهر هدسون والتي تعمل على إدارة مراوح التهوية تلقائياً بمجرد تكاثف الدخان أو الضباب في

النفق. كما يمكن تركيب هذه العيون في مصاعد الركاب بحيث تتوقف هذه المصاعد عن العمل مجرد وقوف أي شخص في مداخل أبوابها.

كما يمكن تزويد الجراجات بعيون سحرية تعمل على فتح أبوابها آلياً بمجرد تسليط مصابيح السيارة الأمامية عليها. ومن يدري فربما أمكن تزويد المنازل بأجهزة الترموستات التي تعمل على إدارة أجهزة التدفئة آلياً بمجرد انخفاض درجة حرارة

المنازل، وأجهزة الإضاءة الأوتوماتيكية التي تضيء المنازل بمجرد حلول الليل.

ولكي تصبح العين السحرية أكثر حساسية، يوضع في خليتها غاز الأرجون تحت ضغط ٠,١ ملليمتر. وتدخل الخلية الكهرضوئية في السينما الناطقة، وذلك بجعل الأشعة الضوئية الساقطة على الجزء المخصص لتسجيلات الصوت في الفيلم تسقط على خلية كهرضوئية، ثم تعمل مكبرات الصوت والضوء على تقوية التغيرات الناشئة في شدة الضوء وإظهارها على هيئة موجات ضوئية أو صوتية.

وقد استخدم داجيير منذ قرن تقريباً التحليل الضوئي ليودور الفضة في التصوير.

$$2\text{فـي}_2 \leftarrow \text{ي}_2 + 2\text{ف}$$

وكانت طريقته في إظهار الصورة فوق الألواح الحساسة هو تعريضها لبخار الزئبق فتظهر الصورة على هيئة ظلال مختلفة السمك من معدن الفضة. وقد تمكن داجيير بهذه الطريقة من إنتاج أول صورة فوتوغرافية في العالم، ويرجع الفضل في تسجيل حوادث التاريخ ونشر العلم والمعرفة وتسلية الملايين من الناس إلى هذا الكشف الهام الذي قدم للطب والجراحة أشعة أكس أيضا.ً

هذا وتوجد عدة تفاعلات كيميائية يولدها الضوء، وكل منها حساس المنطقة ضيقة من الطيف. كما أن فيلم الفوتوغرافيا تختلف درجة تأثره باختلاف أطوال الموجات الضوئية.

و باستعمال بعض الأصباغ الخاصة التي تمتص الطاقة من الأشعة ذات التأثير الضئيل، يمكن جعل برومور الفضة حساساً لجميع الألوان. وبذلك نحصل على صورة فوتوغرافية دقيقة. وتسمى هذه الألواح الحساسة "بانكروماتيك".

ولقد أمكن التثبت في السنوات الأخيرة من أن التغير الكيميائي الذي يحدث في برومور الفضة يبدأ في بقع خاصة حساسة، وأنه لو خلط الجيلاتين النقي مع برومور الفضة في صناعة الفيلم الحساس لقلت حساسيته بدرجة كبيرة. وبالبحث وجد أن

وجود آثار ضئيلة من زيت الخردل في أنواع الجيلاتين المستعملة صناعياً مسئول عن تكوين كبريتيد الفضة في الفيلم. ومن الأمثلة النادرة للحساسية المتناهية للضوء تلك التي تتكون في مركب مشابه للهيمين الموجود في كرات الدم الحمراء. ولو فرض وتكونت مشتقات هذا المركب في الدم لأصيب الإنسان إصابات خطيرة من تأثير ضوء النهار العادي.

ويجدر بنا أن نكون حذرين عند التعرض للضوء فوق البنفسجي، سواء كان من شمس المناطق الاستوائية أو من مصابيح الأشعة فوق البنفسجية. إذ أن التعرض المناسب يولد فيتامين د في الجسم ويمنع الكساح عند الأطفال، بينما يسبب التعرض الطويل حروقاً شديدة في الجسم. ويسمح الكوارتز الشفاف بمرور هذه الأمواج القصيرة غير المرئية، بينما يمنع الزجاج العادي نفاذها. وتصنع حالياً أنواع خاصة من الزجاج تسمح بمرور هذه الأشعة وتستعمل في المستشفيات والحجرات التي تؤخذ فيها حمامات الشمس، ونذكر بهذه المناسبة أن الألمونيوم المصقول يعتبر أحسن سطح عاكس للأشعة فوق البنفسجية.

ولاستعراض ظاهرة الفوسفورسنس "الوميض الفوسفوري" للأشعة فوق البنفسجية عندما تسقط على بعض المواد، يوجه المحاضرون شعاعاً غير مرئي من هذا الضوء على أسنان المستمعين في الظلام على سبيل الدعابة، فتتوهج الأسنان الطبيعية بضوء خافت و تبدو كالأشباح. ولما كانت المواد المختلفة تومض تحت تأثير الضوء البنفسجي بألوان مختلفة وبعضها لا يومض إطلاقاً، فإنه من الممكن استخدام هذه الظاهرة ــوذلك بتسليط هذه الأشعة في الظلامــ في اكتشاف التزوير في الشيكات واللوحات الفنية والنقود.

والألواح الفوتوغرافية المستعملة في التصوير حساسة للأشعة فوق البنفسجية "هذا على فرض استعمال عدسات من الكوارتز بالطبع"، إلا أنها غير حساسة للأشعة تحت الحمراء ذات الموجات الطويلة، غير أنه بمعالجتها ببعض الأصباغ تصبح حساسة لهذه الموجات. وقد أمكن بواسطة استعمال مثل هذه الألواح التقاط صور لجبال تبعد حوالي

٣٠٠ ميل عن مكان التصوير. هذا وللموجات تحت الحمراء القدرة على اختراق الضباب والغيوم أكثر من الضوء المرئي العادي.

ولمصباح بخار الصوديوم ذي الوهج الأصفر إمكانيات كبيرة، إذ أنه أقوى من المصابيح العادية المماثلة له في عدد الشمعات. ويضاء كوبري سان فرانسيسكو الشهير، وكذلك عدد كبير من الطرق بهذه المصابيح.

ومن المحتمل أن تكون أشعة مليكان الكونية التي تخترق عدة ياردات من الرصاص وما يقرب من نصف ميل من الماء مكونة من فوتونات ضوئية "لها القدرة على فصل الإلكترونات من المادة" وكذلك جزيئات حقيقية مشحونة تنطلق بسرعة هائلة.

هذا وتستعمل حالياً مصابيح خاصة لتعقيم غرف العمليات والثلاجات التي تحفظ فيها الأغذية. وتعمل هذه المصابيح على إبادة الفطريات التي تسبب عفن اللحم والتي تتكاثر في درجات الحرارة المناسبة للأنزيمات التي تحول اللحم البقري إلى لحم لين، و بذلك تساعد على تحويل اللحم الخشن إلى لحم جيد دون أن يتعفن.

الفصل الثامن والعشرون

الزجاج

دأب الإنسان منذ القدم على فتح نوافذ في منزله تتيح له فرصة التطلع إلى السماء. وقديماً جعل الأسرى اليهود في بابل نوافذه تفتح في اتجاه أورشليم.

إلا أن مجرد فتح ثغرات في الحائط بدون وجود حاجز شفاف كان يسمح بدخول الريح العاتية والبرد القارس والمطر المنهمر. ثم خطر للإنسان أن يثبت حول هذه النوافذ قطعة رقيقة من جلود الحيوانات لتقيه تقلبات الجو. ومن الجائز أن تكون الفكرة قد تطورت عند أحد القياصرة المترفين، فخطر له تركيب نوافذ مصقولة على هيئة شرائح رقيقة من الرخام المصقول بالزيت لكي يصبح شفافاً.

ثم جاء اكتشاف الزجاج منذ ٥٠٠٠ عام تقريباً وليد المصادفة البحتة في مخلفات النيران التي كانت توقد على رمال الشواطئ محاطة بكتل من الحجر الجيري والصودا. ولا غرابة في ذلك فإن الزجاج الخام يتكون بتسخين الرمل والجير والصودا تسخيناً كافياً. إلا أن هذا الفن البسيط الذي اكتشف مصادفة أصبح علماً قائماً بذاته. واحتضنت مصر القديمة هذا الفن وصنعت الزجاج الملون الذي نراه في معظم متاحف الشرق. وكان المصريون القدماء يحتفظون بدموع أميرات فرعون في زجاجات جميلة ملونة احتفظت بألوانها الزاهية الجميلة على مر السنين.

ويعمل زجاج النوافذ على حمايتنا من تقلبات الجو، بينما يتيح لنا في الوقت نفسه فرصة التمتع بمشاهدة السماء والبحر والأرض ولا تقتصر منافع الزجاج على ذلك، إذ تتيح النوافذ الزجاجية الكبيرة الموجودة في واجهة المحلات الكبرى الفرصة للمارة لاستعراض ما تعرضه هذه المحلات من بضائع مغرية. كما يعمل زجاج السيارات

السميك على تهيئة الفرصة لراكب السيارة لمشاهدة ما حوله بينما يتمتع بالركوب في سيارة مغلقة. ولولا الزجاج لما كانت هناك مداخن زجاجية لمصابيح الكيروسين التي كانت شائعة الاستعمال قبل اكتشاف الكهرباء، ولما كانت هناك المصابيح الكهربية التي عم استعمالها في الوقت الحاضر. هذا بالإضافة إلى ملايين الأوعية الزجاجية المستعملة في حفظ المأكولات وزجاجات اللبن والعقاقير والمشروبات.

ومما لاشك فيه أنه كان لاستخدام الزجاج في صناعة عدسات التلسكوب والمجهر والكاميرا والنظارة أثره الكبير في حياة الجنس البشري. وقد مضى ثلاثمائة عام على ميلاد لوينهوك أول من صنع مجهراً حقيقياً رغم أن قوة تكبيره لم تكن كبيرة. إلا أنه لم يكن في الإمكان الوصول إلى قوة تكبير واضحة تصل إلى ١٠٠٠ مرة مثلاً، إلى أن تمكن آبي من صنع مجهره منذ خمسين عاماً.

وعندما صنع لوينهوك مجهره البدائي عام ١٦٧٥ واكتشف به البكتيريا والكائنات الوحيدة الخلية قدم للإنسانية معلومات تعد أعظم من قيام و سقوط الإمبراطوريات. غير أن العالم لم يعبأ بها فأهمل اكتشافه قرابة قرنين من الزمان.

وقد وصل البحث في الوصول إلى كنه الأجسام المتناهية في الصغر ذروته عندما علم لوكاس _وكان ضعيف النظر_ العالم كيفية استعمال المجهر فوق البنفسجي، ذلك الذي كان مكتشفاً وقتئذ. ويعمل هذا المجهر بالأشعة فوق البنفسجية غير المرئية مكبراً المرئيات ٦٠٠٠ مرة. وتستخدم في هذا المجهر عدسات من مادة الكوارتز الشفاف بدلاً من الزجاج الذي لا يسمح للأشعة فوق البنفسجية بالنفاذ. وتعمل شاشة من الفلورسنت _تضاء بالضوء فوق البنفسجي_ على رؤية الضوء غير المرئي بالعين المجردة، وهي غير حساسة بالنسبة لمثل هذه الأشعة الأقصر من الأشعة البنفسجية. إلا أن الألواح الفوتوغرافية يمكنها تسجيل هذه الأشعة بدقة. وقد عمل لوكاس باكتشافه هذا على فتح آفاق جديدة في دراسة السبائك و البكتيريا.كما جعل من الممكن رؤية الأجسام الدقيقة التي لا تزيد مساحتها عن واحد من مليون من البوصة.

ومما سبق يتضح أنه لولا المجهر ما كانت هناك دراسة علمية للبكتيريا، ولما كانت هنا معرفة مستفيضة بالأمراض التي تتسبب عنها. هذا ويعمل الميكروسكوب الإلكتروني _الذي يستخدم سيلاً من الإلكترونات بدلاً من الضوء_ على تكبير المرئيات ٣٠ ألف مرة أو أكثر.

أما التلسكوب فقد عمل على امتداد بصر الإنسان إلى الفضاء وقرب الأجرام السماوية، فساعد بذلك على دراسة علم الفلك. ومنذ عدة سنوات تم صنع مرآة تلسكوب زجاجية عاكسة قطرها ٩٦ بوصة بعد أن استغرق صنعها ستة أعوام كاملة. وقد بردت هذه الكتلة الزجاجية الهائلة التي تزن طنين في عدة أشهر، تحمل فيها صانعوها الكثير من الصبر والأناة، حتى لا يتعرض الزجاج للتصدع إذا بردت فجائياً. كما تم صقلها بمنتهى البطء والحذر حتى لا يؤدي الصقل السريع إلى توليد حرارة تعمل على ثني الزجاج.

هذا ويزن العاكس الزجاجي الذي قطره ٢٠٠ بوصة _والمركب في التلسكوب الهائل على قمة بالومار_ ٢٠ طناً. وقد تطلب صنع هذا التلسكوب استنباط نوع جديد من الزجاج، كما تطلب سطحاً عاكساً جديداً من الألمونيوم المرشوش الذي يتأثر بالإشعاعات فوق البنفسجية المنبعثة من الأجرام البعيدة. وسيعمل مثل هذا التلسكوب بمساعدة الكاميرا على الكشف عن ١٥٠٠ مليون جرم سماوى جديد. وتبلغ قوة هذا التلسكوب ثلاثة أضعاف التلسكوبات الأخرى وقد استغرق تبريد هذا القرص الزجاجي عاماً كاملاً، كما استغرق صقله وتنعيمه عامين، و بلغت تكاليف صناعته بضعة ملايين من الجنيهات.

والزجاج عبارة عن مخلوط من سيليكات الصوديوم والكالسيوم عادة، إلا أن الرصاص يحل محل الكالسيوم في بعض أنواع خاصة من الزجاج. ويحل البوراكس محل جزء من الرمل في أنواع الزجاج المعروفة بالبايركس، أو في النوع المقاوم للحرارة من زجاج البوروسيلكات المستعمل بكثرة في المعامل الكيميائية والمطابخ. ويمتاز هذا النوع من الزجاج بأنه يتمدد وينكمش بنسبة ضئيلة مع التغيرات الفجائية في الحرارة، ولذا فإنه يجد استعمالاً واسعاً في صناعة أطباق الأفران.

ويرجع اللون الأخضر لأنواع الزجاج الرخيصة إلى شوائب الحديد التي تكون سيليكات الحديدوز. وتتلخص الطريقة المتبعة في إزالة هذا العيب في أكسدة سيليكات الحديدوز إلى سيليكات الحديديك العديمة اللون تقريباً، وذلك بإضافة ثاني أكسيد المنجنيز. ويستعمل السيلينيوم "من بمجموعة الكبريت" لإنتاج زجاج شفاف تماماً. فإذا زادت نسبة السيلينيوم يتكون زجاج أحمر ينافس الزجاج الأحمر المصنوع بإضافة الأثر الضئيل من أملاح الذهب. أما الزجاج الأزرق فلونه راجع إلى إضافة مركبات الكوبالت. ويرجع الفضل في روعة النوافذ الزجاجية الملونة المركبة في كنيسة نوتردام بباريس لمثل هذه الحيل.

وتمر صناعة ألواح زجاج النوافذ السميكة بعدة مراحل، منها صب الزجاج وتبريده ثم تنعيمه وصقله. هذا وتصنع الزجاجات حالياً بواسطة آلات تصنع الواحدة منها في بعض الأحوال عشرة آلاف زجاجة في الساعة.

ويتوقع القائمون بصناعة الزجاج أن يأتي عصر يدخل فيه في استعمالات جديدة ومنها التريبليكس أو الزجاج المصفح المستخدم في السيارات كنوافذ غير قابلة للتناثر، تعمل على حماية أرواح السائقين والركاب. ويصنع هذا التنوع من الزجاج بإلصاق لوحين زجاجيين بإحكام بمادة أسيتات السليولوز أو بلاستيك الفينيلايت التي تحول دون تناثر الزجاج عند تهشيمه.

كما أن هناك أنواعاً خاصة من الزجاج تسمح بنفاذ الأشعة فوق البنفسجية. ويركب مثل هذا الزجاج في الأماكن المعدة للانتفاع بأشعة الشمس، حيث إن الزجاج العادي يسمح بنفاذ حرارة الشمس، بينما يمنع نفاذ هذه الأشعة ذات الفوائد الصحية. ومن المتوقع استنباط نوع من الزجاج لا يسمح بمرور الأشعة تحت الحمراء الساخنة، وذلك لاستخدامه في المناطق الاستوائية. وأخيرا فإنه من الخطأ اعتبار "الزجاج المائي" زجاجاً، إذ أنه نوع واحد من السليكات هي سيليكات الصوديوم بالذات. وتستعمل المحاليل المائية اللزجة منه بكميات كبيرة في صناعة علب الكرتون. وهو من أرخص المواد اللاصقة إطلاقاً.

الفصل التاسع والعشرون

دور الكيميائي في الكشف عن الجريمة

نحن نبحث في الحقيقة _كما يحدث في القصص الخيالية_ عن العقول التي دبرت الجريمة، ثم نكلف خبراء أخصائيين بالبحث عن المجرم الحقيقي وإدانته. وكما أن الطبيب حجة في معرفة نوع المرض وساعة الوفاة وطبيعة الجروح وأنواع السموم المختلفة، كذلك يعتبر خبير البصمات الذي يجب أن يكون موجوداً مع الطبيب في نفس الوقت. وكذلك يصنع خبير الطلقات النارية المعجزات في الكشف عن العلامات المميزة للطلقات "إذا وجدت" وذلك عن طريق دراساته الميكروسكوبية للخدوش والعلامات الموجودة في ماسورة البندقية التي ربما يكون المشتبه فيه قد استعملها أو وجدت في حوزته.

ويخبر ناج. هـ. ماثيوز عن كيفية إدانة سفاح استعمل سكيناً في قطع بعض الغصون ليصنع لنفسه مكاناً يختبئ فيه، ولكنه لسوء حظه احتفظ بأداة الجريمة. ولإثبات الجريمة استعمل الخبراء نفس السكين في إحداث قطاعات حديثة في غضون نفس الشجرة، ثم أخذوا صوراً مكبرة للخطوط المتوازية التي أحدثها القطع الحديث وقارنوها بالقطاعات القديمة التي أحدثها المجرم في مكان الجريمة فوجدت مطابقة، و بذلك اقتنع المحلفون بإدانة المجرم، إذ أنه لا يمكن أن تحدث مثل هذه القطاعات إلا بهذه السكين.

ويقوم خبراء الخطوط بدور هام في الكشف عن جرائم التزوير و خطابات التهديد، كما يدعى الخبراء في كل فرع لتقديم الاحتمالات المختلفة للجريمة، ثم تجمع هذه الاحتمالات والأدلة ليستخدمها البوليس ورجال النيابة وهم رجال ذوو خبرة واسعة وقوة منطق وصبر وشجاعة وبعد نظر وإلمام كاف بعلم النفس التدريبي.

ويقف الكيميائي خلف مسرح الجريمة على أهبة الاستعداد للعمل إذا ما دعت

الظروف إلى ذلك. وكثيراً ما يظن عامة الناس أن دوره ينحصر في تحليل الأغذية المشتبه فيها أو محتويات المعدة للكشف عن السموم أو البقع الموجودة على الملابس. وفي الروايات المسرحية البوليسية كثيراً ما يقف رجل المباحث "الذي غالباً ما يكون كيميائياً"ليعلن نبأ اكتشافه المجرم الحقيقي، ويعلل الموقف بأنه اكتشف في الغبار العالق بكم المشتبه فيه ذلك النوع النادر من الرمال المعروف بالمونازيت والموجود في سيلان، وذلك لما يحتويه من معدن الثوريوم، وأن الجني عليه عالم مشهور مهتم بالبحث عن غاز الهليوم المحتبس في هذا النوع من الرمال.

ومن الحقائق المعروفة أن السموم مثل الزرنيخ و الفينيك والقلويدات والمواد السامة العديدة _التي ربما تكون قد تركت أثر في المعدة أو الكبد أو أعضاء الجسم الأخرى_ يمكن معرفتها بالتحليل الكيميائي فقط خاصة إذا عرفت أعراض التسمم بها قبل الوفاة.

و بالكشف عن أول أكسيد الكربون في الدم يمكن التحقق مما إذا كانت وفاة أحد الأشخاص في جراج السيارة نتيجة لحادث خطأ أو أن هناك جريمة وراء الوفاة.

ويمكن اختبار البقع ميكروسكوبياً، إلا أن مهمة معرفة تركيبها تقع على عاتق الكيميائي بالطبع. فإذا كان لهذه البقع مظهر الصدأ، كانت إما أكسيد حديد أو بقعاً من الدم. ويمكن معرفة الحديد بسهولة، أما بقع الدم فإنه يمكن تمييز محلول منها بخاصية امتصاصه للضوء في مناطق امتصاص مميزة، إذا ما أختبر في جهاز الإسبكتروسكوب. والمعروف عن هيموجلوبين الدم أنه يعطى لوناً أزرق إذا ما أضيف إليه البنزيدين وماء الأكسجين، ولو أن هذا الكشف مبدئي. ويعتبر التمييز بين دم الإنسان ودم الحيوان من الأمور الصعبة، ولكنه اكتشف حديثاً نوع من مضادات السيرم يحدث راسباً مميزاً مع دم الإنسان إذا ما أجرى هذا الكشف في ظروف ملائمة.

وفي إحدى جرائم القتل التي حدثت في مصر أنكر المتهم وجوده في مكان الجريمة، وكان هذا المكان بالقرب من شاطئ البحر، ولكن عندما غسل الخبراء ملابسه ظهر

الكثير من ملح الطعام في ماء الغسيل، وكان الملح عالقاً بملابس المتهم التي كانت عرضة لرذاذ البحر وقت الجريمة. ويترك انفجار القنابل أحياناً آثاراً من حامض البكريك الأصفر، بخلاف آثار البارود التي لها مميزاتها الكيميائية الخاصة.

وقد حدث أن أتهم أحد الغشاشين بإذابة جزء من الذهب الموجود في العملات الذهبية وذلك بمعالجتها بالماء الملكي "خليط من حامض النيتريك والكلوريدريك". وعندما غسلت يداه جيداً في التحقيق ظهرت أملاح النترات والكلوريدات في الغسيل، وكان ذلك سبباً في إدانته، إذ المعروف أن العرق يحتوي على أملاح الكلوريد ولكنه خال تماماً من النترات.

ولا يصح لرجل المباحث الماهر أن يهمل أي أثر يكون عالقاً بالملابس أو الجيوب أو حتى ثنيات البنطلون، وإذا كان من المهرة جداً فإنه يبحث حتى عن الآثار غير المرئية، وهناك يستخدم الوميض والتصوير الفسفوري كأدوات لتمييز هذه الآثار، وهناك كثير من المواد تبدو عديمة اللون في الضوء العادي، ولكنها تعطي ضوءاً مرئياً مميزاً إذا ما تعرضت للأشعة فوق البنفسجية، بحيث يرى بسهولة في حجرة مظلة و يمكن تسجيله على الألواح الحساسة. وقد أمكن بواسطة هذه الطريقة الكشف عن المواد الكيميائية العالقة بالملابس والوثائق الهامة واللوحات القيمة. ويظهر بوضوح التلاعب والتعديل الذي يحدثه البعض في الشيكات إذا ما عرضت للأشعة فوق البنفسجية، وذلك لأن هذه التعديلات تؤثر في صقل سطح الورق. وينكشف تقليد اللوحات القيمة لمشاهير الرسامين العالميين بواسطة الأشعة فوق البنفسجية أو تحت الحمراء، وذلك لاختلاف الألوان التي استعملت في الأجيال المختلفة.

ويعود الفضل في معرفتنا للتصوير بالأشعة فوق الحمراء إلى الأصباغ التي تجعل ألواح التصوير حساسة بالنسبة لطول موجة هذا الضوء، وهي موجة أطول قليلاً من موجات الضوء المرئي.

وتكون الأحبار والأصباغ والزيوت وأنواع الجازولين وقطع المعادن وحتى أنواع

معجون اللحام جزء يسير من المعلومات الواسعة التي تزخر بها معرفة الكيميائي المختص بالجريمة.

وقد أدان أحد معامل مكافحة الجريمة بنيويورك أحد لصوص الخزائن لأنه ترك وعاء يحوي معجوناً في مكان الجريمة. وكان قد استخدم هذا المعجون لمعالجة خزينة أحد مسارح واترفورد توطئة لنسفها بشحنة من النتروجليسرين فعلق بعض هذا المعجون تحت أظافره. ثم أثبت التحليل تجانس ومطابقة المعجون الموجود في مكان الجريمة مع ذلك الذي جمع من قلامة أظافره تماماً من حيث التركيب الكيميائي والقوام.

وفي كندا عند المنطقة المتاخمة للقطب الشمالي و حول بحيرة الدب الكبير يكشفون عن رواسب خام الراديوم بواسطة الدقات المسموعة التي يحدثها عداد "جيجر" الحساس للإلكترونات، وطبعاً ليست هناك أية جريمة في مثل هذا العمل، ولكن ربما استخدمت هذه الطريقة يوماً ما في اقتفاء أثر الراديوم المسروق.

الفصل الثلاثون

الصناعات الزراعية

منذ قرن مضى كانت نسبة العمال المشتغلين بالزراعة في أمريكا كبيرة، إذا كان يعمل فيها سبعة من كل عشرة عمال. أما اليوم فقد انخفضت هذه النسبة إلى اثنين من كل عشرة عمال، بينما زاد الإنتاج الزراعي وتنوعت أصنافه وفاضت منه كميات كبيرة تصدر إلى الخارج.

ويرجع هذا التطور إلى أن حرفة الزراعة مثلها مثل الصناعات الأخرى، دخلتها الآلات الحديثة فاستغني عن الكثير من الأيدي العاملة إلى الإدارة الكيسة.

وتشتمل القائمة التالية على مواد هذه الصناعة الأولية ومنتجاتها:

مواد أولية: التربة _ الماء _ السماد _ الهواء.

الإنتاج: حبوب _ مراعي _ لحوم _ دجاج _ خراف _ صوف لبن وزبد _ بيض _ فواكه _ خضراوات _ قطن _ سكر _ خشب _ دهون.

وتسري على المنتج الزراعي نفس القواعد التي تسري على غيره من المنتجين. إذ ينبغي عليه أن ينتج أقصى ما يمكنه في حدود ما لديه من رأس مال و جهد، وأن يراعي جودة الإنتاج. كما ينبغي عليه كرجل أعمال أن يدرس الأسواق وينوع الإنتاج تبعاً لحالة هذه الأسواق. لذلك نجده يقوم برصف الطرق الجيدة التي تربط المزرعة بالأسواق، ويستبدل حيوانات المزرعة بالآلات الحديثة. وبذلك اختفى العناء والكد الذي لازم الحياة القديمة في المزرعة وتيسرت سبل الحياة المريحة فيها. وقد تم كهربة **٩٥٪** من مزارع الولايات المتحدة ودخلتها الآلات الحديثة التي تدار بالكهرباء.

هذا وتقوم الجرارات الحديثة بالعمل الذي كانت الخيل ودواب المزرعة تقوم به في

الأجيال السابقة. وليس أدل على سرعة وكفاءة هذه الآلات من أن رجلاً واحداً يمكنه حرث ٣٢ فداناً في اليوم الواحد مستعيناً في ذلك بجرار واحد فقط. ويقال إنهم يبذرون القمح بالطائرات في الاتحاد السوفييتي. كما يقوم الأمريكيون بتعفير حقول القطن والغابات ومواطن البعوض بالمبيدات الحشرية من الجو. وقد عملت آلات الديزل والمحركات الكهربية على تقليل النفقات و تقليل الجهد في المزرعة. وتقوم آلة الدرس والحصاد معاً "مجتمعتين" حصاد ودرس أكثر من أربعين فداناً من القمح في يوم واحد بواسطة رجلين، الأمر الذي ما كان يحدث منذ قرن مضى في أقل من ثلاثة شهور.

وقد نشرت مصلحة الزراعة الأمريكية إحصائية تبين آثر استخدام الآلات الزراعية الحديثة في المناطق المختلفة، واتضح أن استخدام هذه الآلات في مناطق البراري الشاسعة في الغرب أكثر اقتصاداً من استخدامها في المساحات الصغيرة الجبلية في المناطق الشرقية. كما أن استخدام السماد ومهلكات النباتات المتطفلة والمبيدات الحشرية وعلف الماشية وعلاج أمراض الحيوان أدى إلى زيادة القدرة الإنتاجية للمزارع الأمريكية زيادة كبيرة.

ويتطلب كل نظام زراعي دائم أن يعاد للتربة بعض العناصر التي استهلكتها المحاصيل الزراعية. ومن أهم هذه العناصر النيتروجين والفسفور والبوتاسيوم، ولذلك تحتوي الأسمدة الكاملة على مركبات هذه العناصر بصورة يمكن الاستفادة منها. وحتى عام ١٨٣٠–١٨٤٠ كانت الأسمدة المستعملة على هيئة مخلفات حيوانية أو نباتية ثم دخلت الأسمدة التجارية مثل مخلفات الطيور في بيرو وملح بارود شيلي. وفي عام ١٨٦٠ وضح العالم الكيميائي ليبيج أهمية أملاح البوتاسيوم في تغذية النبات. وفي عام ١٨٧٥ أضيفت سلفات النشادر إلى قائمة الأسمدة، ثم تلاها اكتشاف خامات الفوسفات في فلوريدا. وقد أوضحنا في فصول سابقة من هذا الكتاب قصة غزو الكيميائي للهواء وتحويل عنصر النيتروجين إلى مركبات يسهل للنبات تمثيلها.

وقد اكتشفت في تكساس ومكسيكو الجديدة رواسب هائلة من البوتاس مماثلة لرواسب ستاسفورت الشهيرة في ألمانيا. إلا أن بعدها الشاسع عن الأسواق سيعوق

استثمارها على الوجه الأكمل. ورغم ذلك فقد أصبحت الولايات المتحدة في غنى عن بوتاس ألمانيا وفرنسا.

أما الفوسفات فإنها لا تسبب قلقاً للأمريكيين، إذ تملك أمريكا وفرنسا وحدهما رواسب غنية من صخر الفوسفات. وتقوم روسيا بمحاولة تحضير الفوسفات القابلة للذوبان أو "السوبر فوسفات" من خام الأباتيت الموجود على شواطئ البحر الأبيض.

وتستهلك الدول الأوروبية المزدحمة بالسكان كميات من الأسمدة أكبر بكثير مما تستخدمه أمريكا وفقاً للنسب التالية:

هولندا	٣٦٧ رطلاً للفدان
ألمانيا	٧٢ رطلاً للفدان
اليابان	٥٦ رطلاً للفدان
فرنسا	٣٥ رطلاً للفدان
إيطاليا	٢١ رطلاً للفدان
أمريكا	٨ رطلاً للفدان

كما يتحتم على الأمريكيين أن ينتجوا محاصيل أكثر بالنسبة للفرد، بينما يتطلب اقتصاد أوروبا أن تنتج كميات أكثر بالنسبة للفدان.

وقد تعلم المزارع الحديث كيف يحسن صناعة الأغذية ويمنع الآفات الزراعية ويقاومها. كل ذلك عن طريق البحوث الزراعية التي تقوم بها الدولة والحكومات المحلية. لقد علمته هذه الأبحاث إضافة عدة أرطال للفدان من أملاح المنجنيز في أراضي فلوريدا غير المنتجة ليحصل على محصول وافر من الطماطم، أو إضافة بضعة أرطال من مركبات المغنيسيوم لتحسين إنتاج الدخان. كما وجد أنه عندما تكون التربة جيرية تذبل النباتات التي تحتاج للحديد و تميل للاصفرار، وذلك راجع لاتحاد الجير مع الحديد ليكون مركباً غير قابل للذوبان. و تعالج بعض هذه الحالات بتسميد التربة بأسمدة

تجعلها أقل قلوية أو أكثر حمضية. ويقال إن الرماد المتبقي بعد حرق النباتات يختلف باختلاف التربة التي زرع فيها. فالفراولة المزروعة في تربة طفليه تحتفظ بشكلها وقدرتها على التسويق فترة أطول من مثيلتها المزروعة في أرض خصبة مجاورة. كما أن القمح المنزرع في بعض أنواع التربة الطينية يصنع منه رغيف أكبر ويحتوي على ٢٠٪ رماد أكثر من مثيله المزروع في تربة خصبة في نفس المنطقة.

ويقترح في الوقت الحاضر استخدام عقاقير التخدير لتقصير فترة السكون في بادرات النباتات وشتلات البطاطس وغيرها من النباتات.

وقد عم استخدام العليقة المتناسقة لتغذية ماشية المزرعة الحديثة، فيضاف زيت كبد الحوت لغذاء الدواجن والمضادات الحيوية لغذاء الماشية ليساعدها على النمو وزيادة الحيوية. ومن المقترحات التي قدمها ستينوك ومساعدوه في جامعة وسكوفسين تغذية الأبقار يومياً ببضع جرامات من الخميرة التي سبق إشعاعها بالأشعة فوق البنفسجية. ومن الحقائق الهامة المعروفة أن اللبن لا يحتوي على كميات كافية من فيتامين د الذي يمنع الكساح عند الأطفال، وأن إضافة زيت كبد الحوت لغذاء الأبقار لا يزيد كمية فيتامين د في لبنها. إلا أن إضافة كميات صغيرة من الخميرة التي سبق إشعاعها إلى علف البقر يزيد قدرة لبنها على شفاء مرض الكساح. كما يمكن الحصول على نفس النتيجة بإشعاع اللبن ذاته.

وقد استعمل الديناميت في المزرعة منذ وقت طويل لتوفير الأيدي العاملة والجهد في تطهير الأرض من الصخور وحفر المستنقعات وبسط الأرض الصلدة توطئة لزرعها بأشجار الفاكهة.

ويمكن القول بأنه ما من منتج يواجه عدداً ضخماً من الأعداء كالمزارع. فالحشرات مثلا تسبب خسارة كبيرة للاقتصاد الأمريكي، بينما تسبب الآفات و أمراض النبات خسارة أكبر. ولعلاج ذلك تستخدم كميات هائلة من زرنيخات الرصاص والكالسيوم.

وقد استنبط المزارع عدة محاصيل جديدة لم تكن معروفة من قبل، وأصبحت ملايين

الأفدنة تزرع بفول الصويا الذي يقوي التربة ويعطي محصولاً وافراً من الفول الدسم الذي يقدر له أن يكون من أفيد الأغذية التي عرفها الإنسان. كما تم زراعة مساحات شاسعة بأشجار زيت التانج في فلوريدا لتمد أسواق الطلاء والبويات بزيتها السريع الجفاف.

وكانت مصلحة الزراعة الأمريكية أول من عمل على نشر زراعة أبصال خرشوف أورشليم لاستخدامها في تحضير سكر الفركتوز الذي له ضعف حلاوة سكر القصب. هذا ويغل الفدان الواحد ستة عشر طناً من هذه الأبصال التي تنتج ٤٠٠ جالون من الكحول عند تخميرها. كما اكتشفت طريقة جديدة لاستخلاص ألياف حشيشة الصين التي تزرع في الجنوب، وتمتاز أليافها بأنها أطول وأمتن من ألياف القطن والكتان.

ونظراً لقلة المواد الأولية فقد انتقلت صناعة لب الورق من الولايات المتحدة إلى كندا، وكان من الأجدر بأمريكا أن تنظر إلى غاباتها الواسعة على أنها مصدر هائل لمحصول كبير من هذا اللب. وقد برهن شارلس هارتي في جورجيا على أنه في الإمكان إنتاج ورق جيد أبيض وحرير صناعي من خشب الصنوبر.

ومن الأمور المؤكدة أنه يجب أن تسير المزرعة والغابة جنباً إلى جنب.

فهناك في جنوب أمريكا ما يربو على مائة مليون فدان من الأراضي البور غير المجدية كانت تستغل في زراعة غابات الأخشاب. ومن الممكن استغلال هذه المساحات الشاسعة في زراعة شجيرات الصنوبر، تقطع بعد عشرة أو خمسة عشر عاماً قبل أن تزداد نسبة المواد الراتنجية في أخشابها فيصعب استخدامها في صناعة الورق.

ويكون السليلوز ــوهو أكبر محصول في العالمــ نصف وزن الخشب الجاف وكل وزن ألياف القطن، كما يوجد في ألياف معظم النباتات. ويجب أن تعتبره المصانع إحدى المواد الأولية التي يمكن تحويلها إلى مواد كيميائية نافعة مثل السكر والورق والخشب الصناعي وغيرها من المواد المماثلة.

وقد بدأت حملة واسعة في الوقت الحاضر، الغرض منها تصنيع مخلفات المزرعة.

وإذا استطعنا تخفيض نفقات جمع هذه المخلفات فمن الممكن تحويل الكميات الهائلة من حطب القمح وقوالح الذرة إلى منتجات نافعة. هذا ويحضر الفيرفورال _المستعمل حالياً كأحد المذيبات في صناعة البلاستيك_ من قشور الشعير، كما يمكن استخلاصه من قوالح الذرة.

أما بذرة القطن التي أهملت في الماضي فقد بلغت قيمة ما تنتجه من ألياف القطن والزيت والكسب ما يزيد على ١٥٠ مليون جنيه. كما أنه من الممكن تحوير صناعة تقطير الخشب _الذي ينتج عنه الفحم والأسيتون وحامض الخليج والقار والغاز_ إلى تقطير قوالح الذرة وغيرها من مخلفات المزرعة. وهناك سكر الزايلوز الحديث العهد والذي يحضر من نخالة بذرة القطن، وهذا يمكن تحضيره من المائة ألف طن من قشر الفول السوداني الذي تنتجه أمريكا. كما أنه من الممكن تخمير سيقان القمح ومخلفات المجاري كي تنتج كميات كبيرة من الوقود الغازي الجيد. وربما تحصل مصانع مزرعة المستقبل على حاجتها من الحرارة والطاقة والإضاءة من هذا المصدر.

ومع كل هذا التقدم وهذه الزيادة في القدرة الزراعية، فإن وزارة الزراعة الأمريكية تنبه بضرورة القيام بالمزيد من الأبحاث الاجتماعية في الريف كي تضمن لمهنة الزراعة مستقبلاً أفضل.

ويواجه عمال الزراعة في جنوب أمريكا مشكلة خطيرة تسببت عن آلة جمع القطن التي حققت نجاحاً كبيراً، مما أدى إلى تعطل ثلاثة أرباع العمال في حقول القطن وخروجهم للبحث عن عمل يرتزقون منه. وتعمل هذه الآلة بتمشيط القطن من النبات وذلك بالتصاق أليافه بقضبان معدنية ملساء منداة.

ولقد لفتت المؤتمرات الزراعية الدورية أنظار الرأي العام إلى اعتبار المزرعة عملاً كبيراً. ومن توصيات هذه المؤتمرات تنمية صناعة فول الصويا. وفي هذا المجال يجب أن يتعاون الكيميائي مع المزارع ويسيرا جنباً إلى جنب.

ومن المستحدثات الجديدة في علم الزراعة ما عرضه جيريك بجامعة كاليفورنيا وسماه

"الزراعة النظيفة". إذ أمكنه إنتاج كميات كبيرة من البطاطس والطماطم والخضراوات الأخرى، بزراعتها في أحواض من الماء المحتوي على الأسمدة الكيميائية المناسبة، وذلك ببذر البذور على وسائد من الطحالب المرتكزة على شبكة من السلك قريبة من سطح الماء، وكان يعمد إلى تدفئة هذه المزارع بملفات خاصة وقد بلغت أطوال نبات الدخان النامي في مثل هذه المزارع ٢٢ قدماً، كما أعطت الطماطم محصولاً وفيراً. وربما أمكن بفضل تعميم هذه المزارع زراعة جزيرة جوام القاحلة في المحيط الباسفيكي لتنتج خضراوات طازجة لتموين الموظفين والزوار إذا قدر لهذه الجزيرة أن تصبح قاعدة للطيران أو البحرية.

وقد ساهم زراع القمح والذرة في عام ١٩٤٢ في إنتاج كمية من البوتادايين اللازم لصناعة المطاط الصناعي الهامة عن طريق العمليات الكيميائية المتتابعة التالية:

نشا _ كحول _ بوتادايين _ مطاط صناعي.

ويحق لهؤلاء الزراع أن ينافسوا معامل تكرير البترول وصناعة البوتادايين عن طريق التفاعلات:

مولاس "عسل أسود" _ كحول _ بوتادايين.

وتعتبر الذرة الشمعية محصولاً زراعياً جديداً أنتجه علماء كلية أيوا على نطاق واسع عام ١٩٤٣، وذلك بتهجين الذرة الصينية بالذرة الأمريكية الهجين لتنتج ذرة تحتوي على نشا له نفس صفات نوع خاص من النشا تستورد منه أمريكا كميات هائلة لاستخدامها في إنتاج بعض المواد اللاصقة.

الفصل الحادي والثلاثون

الكيمياء ووسائل النقل

لم تكن هناك حاجة لخدمات الكيميائي في العهود التي كانت وسائل النقل تعتمد أساساً على المراكب الشراعية والجمال والجياد.

فقديماً ربط الأباطرة الرومان الولايات البعيدة بعاصمة إمبراطوريتهم بطرق حربية ضخمة، إلا أنهم فشلوا في اختراع مركبات سريعة لاستخدامها على هذه الطرق التي كانت بمثابة الشرايين بالنسبة للإمبراطورية، وكانت هناك ثلاثة عشر ألف ميل من الطرق الممهدة تربط فرنسا بروما.

و باكتشاف الآلة البخارية وظهور القاطرة والباخرة تذوق العالم إمكانيات السرعة، وما لبث أن طالب بالمزيد. عندئذ دعي الكيميائي لينتج كميات من الصلب على مستوى عال من الجودة بحيث يتمشى مع حاجة القطارات والقضبان الحديدية. وكانت كل كارثة ناجمة عن كسر أو خلل في القضبان الحديدية بمثابة تحد سافر لصانع الصلب، يقابلها بالعمل المتواصل لتحسين الصنف والتأكد من جودته. فلم يترك باباً إلا وطرقه، فاستعان بأشعة أكس وإشعاعات الراديوم للكشف عن الخلل.

وقد تطلب تسيير البواخر وجود البترول _الذي أدى استخدامه إلى إطالة رحلات هذه البواخر وزيادة سرعتها وتحسين حالة الوقادين فيها_ حيث يتم إحراقه آلياً. وعندما تنفد موارد البترول سوف يطلب من الكيميائي أن يكتشف وقود سائلاً آخر مناسباً. إلا أن الكيميائى توقع ذلك وتنبأ به، وسوف يكون على أهبة الاستعداد قبل حدوثه بوقت طويل.

وتعتبر السيارة تحت وصاية الكيميائي الخاصة، على الرغم من ادعاءات عالم

الطبيعة والمهندس. فبدون سبائك الصلب الحديثة التي صممت لتتحمل المشقة والجهد القاسي، لأضحت سيارة الركوب وكأنها سيارة نقل ثقيلة. وقد كان لإدخال الكروميوم والمنجنيز والفانديوم أو أحد المعادن العديدة الأخرى في سبائك الصلب أثره في تزويد الصلب بصفات الصلابة والقسوة ومقاومة الاهتزازات. ويضاف إلى قائمة الاكتشافات التي ساعدت على صنع السيارة تغطية المعادن بالكروميوم وصنع سبائك الألمونيوم أو المغنيسيوم التي خففت من وزن السيارة، وكذلك سبائك النحاس اللازمة لأجزائها الكهربية.

ولولا صناعة تكرير البترول ما كان هناك سيارة إطلاقاً. فمحرك السيارة عبارة عن آلة احتراق داخلي تتطلب نوعاً خاصاً من الوقود السائل. ولما كانت الكميات المطلوبة من الوقود في زيادة مستمرة، فقد أدى ذلك إلى محاولة استنباط طرق جديدة لتجهيز المزيد من الوقود السائل. ومن هذه الطرق طريقة التكسير أو إمرار الأيدروجين في منتجات البترول القليلة الأهمية لتحويلها إلى وقود للسيارات. وإذا قدر لمحركات الديزل أن تعمم في سيارات النقل والأوتوبيس فإنه يمكن استعمال وقود أقل نقاوة. وربما نرى اليوم الذي تستخدم فيه الدهون وقوداً للسيارات، أو يحرق غبار الفحم في مكابس محرك السيارة ليولد الطاقة اللازمة لإدارتها.

وينضم المطاط لقائمة المواد الرئيسية اللازمة لصناعة السيارة. وتبدو أهميته بجلاء كلما زادت سرعة السيارة. إذ لا يمكن تصور مدى العناء الذي نلاقيه لو فرضنا أن سيارة اليوم التي تسير بسرعة ميل في الدقيقة تجري على إطارات من الصلب.

ورغم أهمية المطاط الطبيعي، فإن هناك بلاد كثيرة لا تنتجه محلياً؛ لذلك اتجهت الكيمياء إلى إنتاج المطاط الصناعي.

وكانت عملية طلاء السيارات في الماضي تتطلب الكثير من الجهد والمال. أما اليوم فقد استحدث الطلاء بالمواد النتروسليولوزية التي ترش بسرعة. و لتجهيز المعدن للطلاء بالدوكو أو الطلاءات المماثلة، يرش سطح المعدن بصمغ الجليبتال ثم يثبت الراتنج "الصمغ" على سطح المعدن بمعالجته بالحرارة. وقد ساهمت الكيمياء في تحويل

النفتالين "المستعمل على هيئة كرات لمنع عتة الملابس" والجليسرين إلى راتنج الجليبتال كما أمدت صناعة السيارات بطلاءات عديدة جيدة.

وللكيمياء فضل آخر على السيارة. فالنافذة الأمامية المصنوعة من زجاج غير قابل للتناثر _المكون من طبقتين ملتصقتين بإحكام بطبقة من أسيتات السليولوز أو الفينيليت_ لها قيمتها في رفاهية وأمن السائق. ولا تقل في أهميتها بالنسبة للسيارة عن الأنواع الجيدة من زيوت التشحيم التي حضرها كيميائي البترول.

وقد كان صنع الطائرة متوقفاً على اكتشاف آلة احتراق داخلي مصنوعة من معدن خفيف وقوي في الوقت ذاته. وكانت الحاجة إلى مثل هذه السبائك الخفيفة أمس منها في الطائرة عن السيارة. إلا أن مثل هذه الآلة لم تكن لتعمل إلا بأنقى أنواع البترول وزيوت التشحيم. ويرجع الفضل للكيميائي في أن أصبح لدينا الآن خطوط جوية منتظمة تعمل فيها طائرات ضخمة تطير بسرعة عدة مئات الأميال في الساعة.

ولم يكن بناء سفن الهواء الجبارة بمستطاع قبل اكتشاف سبائك الألمونيوم الخفيفة والمتينة مثل سبيكة الديرالمين التي تستخدم في صناعة الهياكل، واكتشاف غازي الهليوم والإيدروجين اللازمين لانزلاقها في الجو.

وكما تتطلب القطارات السريعة قضباناً متينة، كذلك السيارات السريعة فإنها تعتمد على الطرق العريضة المرصوفة بالأسمنت أو بالصخر المغطى بالإسفلت.

وكثيراً ما يخطر على البال أن الأسمنت المعروف بأسمنت بورتلاند_ و الذي ترصف به الطرق والممرات التي تكون شبكة المواصلات في البلاد_ يصنع في بورتلاند، والواقع غير ذلك. وإنما ترجع هذه التسمية إلى أنه يشبه الحجر الصلد الذي يقطع من جزيرة بورتلاند. وقد عرف الرومان نوعاً مشابهاً سمى أسمنت بازولان كانوا يصنعونه بحرق الجير والرماد البركان. وتتلخص إحدى الطرق الحديثة لصناعة الأسمنت في طحن وتحميص خليط من خبث أفران اللفح مع الجير. أما الطريقة العادية فتتلخص في طحن الحجر الجيري و الطفل معاً، ثم يدفع الخليط المطحون في أسطوانة هائلة

طولها ثلاثمائة قدم وعرضها تسع أقدام دائمة الدوران، بحيث تقترب الشحنة ببطء من اللهب الهادر البالغ طوله ثلاثين قدماً والمنبعث من غبار الفحم المشتعل. وينصهر الخليط تقريباً في هذه المنطقة الساخنة ويكون خبثاً صلباً. ثم يطحن هذا الخبث ناعماً بحيث يمر أربعة أخماسه من مناخل تحتوي ٤٠ ألف ثقب في البوصة المربعة. ويحفظ هذا المسحوق بعيداً عن المطر والرطوبة حتى لا يتحد كيميائياً مع الماء مكوناً كتلاً صلبة كما هو الحال في عجينة باريس. ولرصف الطرق بالأسمنت يخلط مسحوق الأسمنت الجاف بستة أمثال وزنه رملاً وحصى ثم يضاف إليه الماء اللازم. ويسمى الناتج الصلب بالخرسانة.

ولولا اكتشاف صناعة أسمنت بورتلاند ما أمكن بناء خزان هوفر المعروف، الذي استعمل في بنائه أربعة ملايين وأربعمائة ألف ياردة مربعة من الخرسانة. وقد نتج عن تصلب هذه الكمية الهائلة حرارة عالية اضطرت البنائين إلى تثبيت عدة مواسير مبردة حول السد بلغ طولها ٧٥٠ ميلاً ثم دفعوا الماء البارد فيها، وأخيراً ملئت بعجينة الخرسانة. ولولا هذه الاحتياطات لارتفعت حرارة البناء فوق المعدل لعدة سنوات و نشأت عن ذلك تشققات خطيرة في بناء السد.

وتتكلف الطرق المرصوفة بالخرسانة حوالي ثلاثين ألف جنيه للميل الواحد، وهو مبلغ كبير تحول ضخامته دون رصف جميع الطرق بهذه الطريقة. ولذا ترصف الطرق الفرعية التي تغذي الشرايين الرئيسية بالزلط المجروش المغطى بالرمل والإسفلت "وتبلغ تكاليف هذه الطريقة عشرة آلاف جنيه للميل الواحد فقط". أو ترصف بالرمل أو الطفل ثم تغطى بعدة طبقات من الإسفلت ثم تهرس وتسوى.

ومن المنتظر أن تزداد المنافسة بين وسائل النقل المختلفة في المستقبل، و ستدخل في هذه المنافسة عدة عوامل أهمها السرعة والراحة والأمان والتكاليف. ومن الأساليب التي اتبعتها السكك الحديدية تسيير عربات مكيفة يملأ جوها هواء رطب نقي خال من الغبار، مما يجعل جوها باعثاً على الإغراء خاصة في أيام الصيف الشديدة القيظ.

ثم انتقلت عدوى المنافسة إلى الطائرات، فعممت شركاتها في الوقت الحاضر

الطائرات ذات الضغط المكيف. و يعتبر إغراء السرعة مع الراحة من العوامل التي مكنت طائرات الركاب من التفوق على السكك الحديدية قويت المنافسة بينهم.

ثم بدأت الأوتوبيسات تنافس القطارات مسببة للمسئولين في السكك الحديدية قلقاً آخر، وأدى استخدام سيارات النقل إلى خفض إيرادات السكك الحديدية و سبب سخطاً لأصحابها. ومن دواعي شكواه أن أصحاب هذه السيارات واللوريات لم يتكلفوا شيئاً في رصف الطرق التي تسير عليها سياراتهم، بينما قامت السكك الحديدية بإنشاء الطرق ومد القضبان الحديدية اللازمة لتسيير قطاراتها.

وزادت حدة المنافسة عندما اتجهت الجهود نحو تطهير الأنهار والقنوات لتسهيل مرور الصنادل التي تقوم بنقل كميات كبيرة من البضائع. وعلى أية حال فإن كل مجهود يبذل في تدعيم وسائل النقل وتيسيرها سوف يؤدي إلى دعم الصناعة بزيادة القدرة الإنتاجية و تقليل تكاليف الإنتاج.

ومن وسائل النقل، الأنابيب التي تنقل البترول والغاز. وها هي فرنسا تستخدم الأنابيب في نقل البريد داخل مدينة باريس. وربما استعملت هذه الطريقة مستقبلاً لنقل الفحم المطحون أو غبار الفحم عالقة بالزيت أو الماء ليدفع مئات الأميال داخل أنابيب من الحديد.

ومن المأمول أن نتوصل قريباً إلى إنشاء طرق تمنع الانزلاق، وذلك عن طريق التقدم في صناعة إطارات غير قابلة للانزلاق، ويتركز اهتمام الجمهور حالياً في السرعة التي يضعها في المقام الأول. إلا أنه سيولى الأمان الاعتبار الأول في المستقبل.

ومن المتوقع أن تحدث تغيرات عديدة في وسائل نقل الركاب والبضائع.

وتعتبر المواصلات الحديثة عاملاً هاماً في تعارف الناس في ممالك متباعدة، وفي زيادة التفاهم بين الشعوب ونشر الثقافة بينهم. كما يرجع للمواصلات الحديثة الفضل في رفع مستوى الشعوب الصحي، وذلك بتسهيل نقل الفواكه والخضراوات الطازجة.

الفصل الثاني والثلاثون

الثروة المعدنية والسياسة الدولية

كان مقياس عظمة الدول صناعياً وعسكرياً يقدر _منذ أكثر من قرن مضى وإلى عهد الثورة الصناعية_ بعدد سكانها وبثروتها الزراعية و بالغابات التي تملكها، لا بما تحتويه أراضيها من ثروة معدنية. فقد كانت المدافع والسيوف تصنع من المعدن، ولكن الكميات المستخدمة من الصلب والبرونز كانت ضئيلة نسبياً. كما كانت المراكب المسيطرة على البحار تصنع من خشب البلوط القديم، في الوقت الذي تندفع فيه العربات والمركبات الخشبية على جوانب الطرق والممرات.

وباختراع الآلة البخارية و السكك الحديدية والبواخر والمولد والمحرك الكهربي و السيارة أصبحت السيطرة على المعادن أساس القوة السياسية والصناعية. ويتضح ذلك من البيان التالي:

مصادر الثروة:

الفحم _ البترول _ الصخور الزيتية.

معادن لازمة لصناعة المحركات والمولدات والمحولات:

نحاس _ حديد _ ألمونيوم

معادن لازمة للصناعات الحربية:

حديد وصلب "البنادق _ المدافع _ الدبابات _ القنابل _ الطوربيدات _ البواخر"

ألمونيوم _ نحاس _ زنك "صناعة الطائرات ودانات النحاس الأصفر".

رصاص "القذائف والمراكم".

فانديوم _ نيكل _ كروم تانجستين "سبائك الصلب"

زئبق "الغطاء المفجر للقذائف"

الصناعة بوجه عام:

حديد وصلب "مهمات السكك الحديدية _ السيارات _ المباني _ الكباري _ البواخر _ الآلات عموماً".

نحاس "الصناعات الكهربية _ النحاس الأصفر والبرونز _ فنون الطباعة _ المباني".

زنك "النحاس الأصفر _ الأصباغ المستعملة في الطلاءات _ المواد المالئة في صناعة الإطارات _ الحديد المجلفن".

رصاص "الأصباغ المستعملة في الطلاءات _ المواسير _ المراكم _ معدن الطباعة _ اللحام".

ألمونيوم "الطائرات _ السيارات _ المباني _ الأثاث _ أواني الطهي _ الطلاء _ السبائك الخفيفة والصلبة".

قصدير "الصلب المغطى بالقصدير _ النحاس الأصفر".

نيكل "غطاء الكابلات الكهربية _ سبائك الصلب _ التصفيح _ معدن مونل _ أسلاك المقاومة الكهربية.

ذهب "العملة _ المجوهرات _ المصوغات".

فضة "التصوير _ المرايا _ العملة".

بلاتين "عامل مساعد _ صناعة طب الأسنان _ المجوهرات _ استعمالات علمية".

تانجستن "سبائك الصلب".

منجنيز "الصلب القوي".

فانديوم "الصلب القوي".

كروميوم "الصلب القوي _ الصلب غير القابل للصدأ _ تغطية المعادن".

مغنيسيوم "السبائك الخفيفة".

زئبق "عقاقير _ سموم _ أجهزة علمية".

و بالرغم من النقص السريع المتزايد الذي عانته مصادر هذه المعادن في السنوات الأخيرة، والذي ينذر بالخطر، فإن الرأي العام ظل غير مكترث بما يدور حوله مخدوعاً بوفرة الإنتاج. ومن الطبيعي أن يقع عبء كل هذا على الباحث الذي نصب نفسه رسولاً وحامياً، فعليه أن يتنبأ بما سوف يحدث ويحاول جهده درء هذه الأخطار التي تهدد بكارثة عالمية عظمى.

فمنذ عام ١٩٠٠ زاد الاستهلاك العالمي للمعادن زيادة فاقت ما استهلك منها في كل العصور السابقة. ومن الواضح أن هذا الإسراف في استهلاك الثروة المعدنية لا يمكن أن يستمر إلى مالا نهاية. كما أنه لا يكفي أن تهز أكتافنا قائلين "فليأت بعدنا الطوفان"، بل يجب علينا أن نقتصد في التعدين ونسترجع المعادن المستعملة ونكتشف في الوقت ذاته بديلاً لهذه المعادن. وفي عام ١٩٢٩ وحده استهلكت الولايات المتحدة كميات من النحاس تساوى ضعف ما استخرجه العالم حتى عام ١٨٠٠، كما استهلكت كميات من الزنك أكبر مما استخلصته كل الدول مجتمعة في الفترة ما بين عام ١٨٠٠، ١٨٥٠. وفي السنوات الثماني التي سبقت عام ١٩٣٠ استهلك العالم كميات من البترول أكبر مما استهلك في السنوات التي سبقت تلك الفترة. ولذلك لابد من البحث المستمر عن مصادر جديدة لهذه المعادن، وكذلك عن آبار جديدة للزيت.

نسبة وفرة المعادن

" الزنك معتبر وحدة "

ألمونيوم ٨٠٠٠	كروميوم ٤٠٠	قصدير ٥
حديد ٥٠٠٠	نيكل ٢٠٠	رصاص ١
تيتانيوم ٤٠٠٠	نحاس ٢٠	زنك ١
مانجنيز ٨٠٠	كوبالت ١٠	

ويشير ليث في كتابه المشوق "المعادن والسياسة الدولية" إلى أن الجزء الأكبر من إنتاج المعادن الهامة تقوم به الدول الكبرى، إذ تملك أمريكا نحو ٤٠٪ من الثروة المعدنية في العالم، وتأتي بريطانيا وكندا في المرتبة الثانية.

وتملك فرنسا مناجم واسعة من البوتاسا والفحم والحديد والألمونيوم والكروميوم والنيكل، كما تسيطر في تونس والجزائر ومراكش على خامات الحديد الغنية ورواسب الفوسفات. وتفتقر إيطاليا إلى الفحم ومعظم المعادن، ولو أنها غنية بالكبريت و مناجم الألمونيوم والزئبق. و هناك احتمال وجود مصادر لأملاح البوتاسيوم. وقد زودت أسبانيا المدنيات القديمة في العصور الماضية بقسط مما تحتاج إليه من النحاس والرصاص والزئبق، إلا أن إنتاجها في الوقت الحاضر يعتبر ضئيلاً بالنسبة لاحتياجات العالم المتحضر.

وتملك روسيا بالاشتراك مع سيبيريا احتياطات ضخمة من الفحم والبترول والملح والمانجنيز والفوسفات وربما الكثير من الكروميوم والنحاس والذهب والبوتاس كما أنها تعتبر حالياً أكبر مصدر للبلاتين في العالم.

وكثيراً ما قيل إن الهند والصين غنيتان بالمعادن، إلا أن إمكانيات الاستغلال لم تتضح بعد. وتستخلص الهند ثلث منجنيز العالم اللازم لصناعة الصلب كما تملك مصدراً غنياً من خام الحديد الممتاز و بعض البترول والذهب. إلا أنه ينقصها الفحم اللازم لتصنيع خامات الحديد التي تملكها. و تتفوق الصين على غيرها من الدول في إنتاج التانجستين والأنتيمون اللازم لصناعة حروف الطباعة و ألواح المراكم الرصاصية. غير أن إنتاج الفحم والحديد والذهب فيها قليل الأهمية في الوقت الحاضر، رغم أن الفحم الموجود فيها من نوع جيد. وما لاشك فيه أنه سوف تكتشف مناجم جديدة في الصين وسيبيريا في المستقبل.

ومن الطبيعي أن تتطلع اليابان الفقيرة في المعادن إلى فحم و حديد منشوريا، رغم أن هذه الخامات فقيرة في الحديد. وتسترعي منطقة الشرق الأقصى اهتمام الساسة

والدبلوماسيين نظراً لما تحتويه من معادن هامة. إذ يوجد الحديد بوفرة في الفيليبين وجزر أندونيسيا، كما يأتي معظم القصدير المستعمل في العالم من جزر الهند الشرقية والملايو. وقد اكتشفت حديثاً أكبر رواسب الكروميوم في العالم في الفيليبين.

وتنتج اليابان بالإضافة إلى ما تحصل عليه من منشوريا عشر ما تستهلكه صناعاتها من الحديد، وجزءاً يسيراً من القطن، و أقل من ٨٪ من البترول الذي تحتاج إليه، و نذراً يسيراً من المطاط، وقليلاً من القصدير والرصاص والصوف.

ورغم أن إفريقيا من القارات الغنية بالمعادن فإنها لم تستغل بعد. إذ توجد بها خامات الحديد في مراكش، والفوسفات في الجزائر وتونس ومراكش، والبترول في مصر، والنحاس في روديسيا والكونغو البلجيكي، والقصدير في نيجريا، والذهب و البلاتين في جنوب إفريقيا، والكروميوم في روديسيا، والمنجنيز في ساحل الذهب ومصر، والفاناديوم في الكونغو البلجيكي، والبلاتين والأسبستوس في جنوب إفريقيا، والجرافيت في مدغشقر، وتكون هذه كلها مجموعة هائلة من المعادن.

وتفتقر أمريكا الجنوبية أيضاً إلى التناسق في توزيع الثروة المعدنية، فهي فقيرة في الفحم خاصة. ويوجد الحديد بكثرة في البرازيل و شيلي والبترول في فنزويلا وبيرو والإكوادور و كولومبيا والنحاس في شيلي. وتوجد خامات جيدة للألمونيوم في غينيا البريطانية والهولندية، وخامات للمنجنيز في البرازيل، وللبلاتين في كولومبيا، وللقصدير في بوليفيا، وللفاناديوم في بيرو، وتملك المكسيك القليل من خامات الفحم والحديد ولكنها غنية بالبترول والفضة والرصاص والزنك والنحاس والذهب والجرافيت والأنتيمون.

ويحق لكندا أن تفخر بثروتها المعدنية الهائلة والتي تشمل الفحم والنيكل والذهب والفضة والنحاس والأسبستوس والرصاص والزنك ورواسب هائلة من خامات الحديد والبترول. ومن المحتمل أن يكشف التنقيب المستمر عن ثروات جديدة. وقد اكتشفت منذ عشرين عاماً رواسب غنية بمعدن الراديوم في المنطقة المتاخمة للقطب الشمالي.

وتوجد في العالم دول قليلة غنية بالفحم والحديد معاً مثل الولايات المتحدة وبريطانيا وفرنسا وروسيا وسيبيريا وألمانيا قبل الحرب الأخيرة. وإذا حسبنا الطاقة المتولدة من الفحم والبترول والغاز لوجدنا أن الولايات المتحدة تنتج وحدها حالياً نصف الطاقة المتولدة في العالم كله. وتتفوق أمريكا في إنتاج الفحم والحديد والبترول والغاز والنحاس والرصاص والزنك والألمونيوم والكبريت والموليبدنيوم والبوراكس والكادميوم وأحياناً في الفوسفات أيضاً. ولكنها تفتقر على أية حال إلى بعض المعادن الرئيسية التي يلزم القليل منها للصناعات الكبرى. فقد استوردت النيكل والتانجستين و الفانديوم والكروميوم والمانجنيز اللازمة لسبائك الصلب.

وتتطلب الاستعدادات الحربية تخزين استهلاك عامين لمواجهة الطوارئ.

وهي سياسة معروفة تسير عليها الدول الكبرى.

كما تفتقر الولايات المتحدة إلى القصدير اللازم لصناعة علب الصفيح.

ويلاحظ أننا لم نذكر الحجر الجيري والطفل في هذا المقال وذلك لوجودهما بوفرة في معظم دول العالم.

وقد لعبت المناورات السياسية المقصود بها السيطرة على الثروة المعدنية دوراً كبيراً في حياة الدول الغنية بالمعادن، وينتظر أن تستمر كذلك في المستقبل و بصورة أوسع.

وكانت هذه السيطرة هي الغرض الأساسي لبعض الأدوار السياسية التي لعبتها كل من فرنسا وألمانيا وإيطاليا وبريطانيا وأسبانيا في شمال إفريقيا. وكان هذا أيضاً من أهم الأسباب التي حدت باليابان إلى اتخاذ إجراءات عسكرية في الشرق الأقصى. كما لم تكن مجازفة ألمانيا بالانقضاض على رومانيا إبان الحرب العالمية الأولى إلا محاولة للاستيلاء على آبار الزيوت الغنية فيها. ومن الغريب أن معاهدة فرساي أبدت اهتماماً بالفوارق الجنسية والتاريخية والسياسية أكبر من الفوارق التي يمليها التوزيع المتناسق للثروة المعدنية.

وهناك اتجاه متزايد نحو التحكم في الثروة المعدنية عن طريق الاتحادات القوية التي

تدخل في بعض الأحيان مشاركة مع الحكومات، وذلك بقصد حماية مصادر الخامات واستثمار الخامات الفقيرة في المعادن.

ومن البحوث القيمة لاستثمار الخامات الفقيرة طريقة تعويم المعادن. و تبدو قيمة هذه البحوث بجلاء في حالات خامات النحاس الفقيرة في أمريكا والتي تحتوي على ١٪ من المعدن فقط. وتتلخص هذه الطريقة في تركيز خام كبريتيد النحاس بالتحميص. ويسبق ذلك خض عجينة مبللة منه مع القليل من زيت الصنوبر وبعض الكيميائيات المساعدة لتكون رغوة مؤقتة. وتلتصق جزيئات كبريتيد النحاس بالطبقة الزيتية من الرغوة لتعوم على السطح، بينما ترسب الأحجار الخالية من المعدن إلى القاع. ولقد أضاف هذا البحث _الذي يرجع الفضل فيه للكيمياء الغروية_ عدة ملايين من الجنيهات إلى ثروة العالم. وتستخدم طريقة التعويم هذه بعد إدخال بعض التعديلات عليها في تركيز الخامات الفقيرة الأخرى.

وهناك طريقة أخرى للمحافظة على الثروة المعدنية وهي طريقة استرداد المعادن من الخردة. إذ تقطع كباري الصلب القديمة والغلايات والأشياء الشبيهة الأخرى إلى قطع ملائمة بواسطة طب الأستيلين. ثم تشحن إلى مصانع الصلب لصهرها وتحويلها إلى صلب جديد. كما تفكك السيارات القديمة و تعزل المعادن المصنوعة منها كل معدن على حدة، توطئة لإعادة صهرها وتحويلها إلى معادن جديدة.

ويدور البحث الآن لإيجاد بديل للمعادن التي ينفد احتياطيها. و تبشر هذه الطريقة بنتائج حسنة. فقد حل الألمونيوم محل النحاس في صناعة الكابلات التي تحمل التيار الكهربي. وتحل النترات المحضرة من عناصر الهواء حالياً محل نترات شيلي التي أوشكت على النفاد، كما تحل سبائك الألمونيوم القوية محل الصلب في وسائل النقل. ترى ماذا نفعل بدون القصدير اللازم لصناعة حفظ المأكولات؟ فالزجاج قابل للكسر، وتغطية الصلب بالذهب تفي بالغرض ولكنها عملية باهظة التكاليف. ومما لاشك فيه أنه من الممكن تبطين المعادن باللاكيه و الطلاءات بحيث تتحمل حرارة التعقيم، و تبطين الصلب بالألمونيوم سيحل الإشكال في بعض الحالات.

و تعتبر صناعة الحديد والصلب من خاماته من أحسن الأمثلة التي تذكر لعمليات التعدين. فالحديد موجود في الطبيعة على هيئة أكسيد أو كربونات أو كبريتيد. وتتلخص عملية استخلاص الحديد في سلب الأكسجين من الخام. وتتم هذه العملية في أبراج الصلب الهائلة المبطنة بالطوب الحراري والمسماة بأفران اللفح. ويبلغ ارتفاع بعض هذه الأفران مائة قدم، وتنتج ما يزيد على الألف طن من الحديد الخام يومياً. ويستعمل الفحم الساخن لاختزال الخام يعاونه في ذلك غاز أول أكسيد الكربون الناتج عن حرق الفحم.

ويدفع في الأفران بالقرب من قاعدتها تيارات قوية من الهواء الساخن "٥٠ألف قدم مكعب فى الدقيقة" محدثة دوياً هائلاً، وذلك لتسهيل عملية احتراق الفحم ولرفع درجة حرارة الحديد الخام "الزهر" المنفصل عن خامه إلى درجة الانصهار، فيسيل من فتحة في قاع الفرن. ولما كانت هناك كميات لا بأس بها من الطفل و الشوائب الأخرى في الخام، فإنه يضاف الحجر الجيري مع فحم الكوك و خام الحديد معاً من قمة الفرن، فيتحد الحجر الجيري مع الطفل والشوائب الأخرى ليكون خبثاً قابلاً للانصهار يرقد في القاع، ثم ينسكب خارج الفرن دون أن يختلط بالحديد المنصهر.

ك + أ$_2$ ← ك أ$_2$ ثاني أكسيد الكربون

كأ$_2$ + ك ← 2 أ أول أكسيد الكربون

ح$_2$ أ$_2$ + 3 ك أ ← 3 ك أ$_2$ + 2 ح حديد

2ح$_2$ أ$_3$ + 3 ك   3 ك أ$_2$ + 4 ح

والحديد الزهر هش صلب ويستخدم في أغراض خاصة أو يحول إلى صلب إذا أريد له أن يكتسب الصلابة المقرونة بالمرونة.

وتتلخص أبسط طريقة لتحويل الحديد الزهر إلى صلب في إزالة الشوائب الذائبة

فيه بواسطة الأكسدة، ثم إضافة مقدار من الكربون يتراوح ما بين ٠.١، ١.٦٪ وتنتج هذه الطريقة أبسط أنواع الصلب. إلا أن معظم الصلب الذي يصنع في الوقت الحاضر يكتسب صفات إضافية هامة، وذلك بإضافة المنجنيز أو النيكل أو الكروميوم أو الفانديوم.

وكانت صناعة الصلب البدائية المستعملة منذ ألف سنة تقريباً شبيهة بعملية "التلويث". وتتلخص هذه الطريقة في تسخين كرة من الحديد الزهر على وسادة من خام الحديد، فيتحد الأكسجين الموجود في الخام مع الكبريت والشوائب الأخرى غير المرغوب فيها ليكون غاز ثاني أكسيد الكبريت الذي يتسرب إلى الجو. ثم تطرق هذه الكتل الشبيهة بالعجينة وتضغط بقوة حتى تختلط الكميات الضئيلة من الخبث التي على شكل خيوط رفيعة مع الحديد، بينما يطرح معظم الخبث خارج العجينة. وتنتج مثل هذه الطريقة حديداً مطاوعاً ذا صلابة كافية لصناعة مراسي السفن وحدوات الخيل. ولو أضيف القليل من الكربون إلى مثل هذا الحديد المنتج الصلب.

وكان تقدم صناعة الصلب بطيئاً وإنتاجها محدوداً حتى نصف قرن مضى عندما اخترع بسمر في بريطانيا "محول بسمر" وهو وعاء هائل من الصلب المبطن بالطوب الحراري يسع نحو ١٥ طناً من الحديد الزهر. ويعمل بدفع تيار من الهواء في الحديد الزهر المنصهر فيحرق الكبريت والشوائب الأخرى. وينبعث من هذه الأفران وهج من اللهب الخاطف للبصر مضيئاً السماء الحالكة لعدة أميال. وتم العملية في خمس عشرة دقيقة لتنتج صلباً جيداً يستعمل في منشئات السكك الحديدية.

ثم تلا ذلك اكتشاف فرن سيمنس المكشوف الذي ينتج صلباً أجود من الأنواع السابقة بطريقة تعتبر إحدى مخلفات طريقة التلويث القديمة. وتزود الحرارة في هذه الأفران عن طريق الهواء والغاز المسخن قبل دخوله الفرن ليشتعلا على سقف عاكس فوق الحديد الزهر مباشرة. ويأتي الأكسجين اللازم لحرق الشوائب من طبقة من أكسيد الحديد "ناتجة عن الخام والحديد القديم الصدأ" . وتتم العملية بإضافة الكربون والمعادن الأخرى مثل المنجنيز، ثم يصب الصلب في القوالب.

و بمعالجة الصلب بالحرارة والسحب يمكن أن يكتسب صفات متعددة. فبتبريد الصلب المحمي تبريداً مفاجئاً نحصل على صلابة كبيرة، بينما يعطي التبريد البطيء قوة مع مرونة. وما هذه التغييرات إلا نتيجة لتكوين مركبات بلورية من الحديد والكربون أو المواد الأخرى، أو تكوين محاليل متجانسة منها.

ويتم اختيار الصلب بأن يصقل الكيميائي سطحه ثم يحفره ببعض الأحماض التي تحدث تآكلاً فيه. ثم يختبر السطح المحفور بواسطة المجهر. وبذلك يكشف التركيب البلوري عن نوع الصلب وسبائكه.

وللحديد خاصية ينفرد بها دون كل المعادن الأخرى، وهي خاصية المغناطيسية التي أهلته للدخول في صناعة المولدات والمحركات الكهربية والتليفون والتلغراف والبوصلة، وأزاحت الستار عن الصناعات الكهربية.

نسبة الكربون في الصلب

٠.١٪	السلك والسلاسل والمسامير
٠.٠٨_٠.١٨٪	الغلايات والمراجل
٠.١_٠.٢٪	المسامير والقلاووظ
٠.٣٥_٠.٤٥٪	الدناجل والمحاوير ناقلة الحركة
٠.٧٠_٠.٨٠٪	الأزاميل ومسامير البرشام
١_١.١٪	آلات المخارط واللوالب
١.٢_١.٣٪	مبارد
١.٥_١.٦٪	مناشير قطع الصلب

الفصل الثالث والثلاثون

المعا دن الثلاثية الخفيفة

المعادن الخفيفة التي تصلح للإنشاءات الهندسية ثلاثة: الألمونيوم والمغنسيوم والبريلليوم. وحول ثمن البريليوم المرتفع دون استعماله بكثرة. ويعتبر الليثيوم أخف هذه المعادن الثلاثة، فهو معدن ضعيف ولين يقف تفاعله العنيف مع الماء حائلاً دون منافسته لهذه المعادن. وهناك احتمال إدخاله في سبائك مع معادن أخرى، ولو أن هذا الاستعمال غير شائع. أما الصوديوم فهو كبير الشبه بالليثيوم.

ويوجد الألمونيوم في الطبيعة بكميات أوفر من الحديد مكوناً ٨٪ من قشرة الأرض. ومن الأسباب التي تحول دون استخلاصه بتكاليف زهيدة تشبث المعدن بقوة بالمعادن المصاحبة له في خامي الطفل والبوكسيت وكان أورستيدت الدانمركي أول من استخلص المعدن في عام ١٨٢٥ ، ثم تلاه الألماني وهلير في عام ١٨٢٧. ثم ترك الأمر عند هذا الحد قرابة ستين عاماً اللهم إلا صناعة ضئيلة أقامها ديفيل في فرنسا. وليس أدل على ارتفاع سعر هذا المعدن الجديد _الذي ظل يباع الرطل منه خمسين جنيهاً لفتر طويلة_ من أن نابليون الثالث كان يرتدي خوذة من الألمونيوم كشعار ملكي.

لقد حاول علماء أوروبا اكتشاف طريقة صناعية رخيصة لاستخلاص معدن الألمونيوم. غير أن جهودهم باءت بالفشل وكانت المحاولة الأولى هي استعمال فلز البوتاسيوم أو الصوديوم لسلب الكلور الموجود في كاورور الألومنيوم، غير أن هذه الطريقة كانت باهظة التكاليف. ثم حاولوا اختزال أكسيد الألمونيوم بواسطة الكربون "كما هو الحال في اختزال أكسيد الحديد في أفران اللفح"، إلا أن النجاح لم يكن حليفهم في هذه المرة أيضاً. ولم تنجح هذه الطريقة إلا في عام ١٨٨٠ وذلك بعد اكتشاف الأفران الكهربية التي ساعدت حرارتها العالية على إتمام التفاعل. ومن عيوب

هذه الطريقة أنه في مثل هذه الحرارة العالية يصل الألمونيوم إلى درجة الغليان، مما يستلزم إضافة النحاس إليه خوفاً من تبخره. وتكون النتيجة تكوين سبيكة من النحاس والألمونيوم. ومن المحاولات التي أجريت أيضاً التحليل الكهربى للمحاليل المائية لأملاح الألمونيوم. إلا أنها لم تنتج سوى أكسيد أو إيدروكسيد المعدن فقط، وكذلك طريقة التحليل الكهربي لخام الكربوليت المنصهر، وهذه لم تنجح تماماً.

وأخيراً تمكن شاب في الثانية والعشرين من عمره حديث التخرج من كلية أوبرلين من النجاح فيما فشل فيه غيره من عمالقة العالم. فقد كان هذا الشاب ويدعى شارلس مارتن هول يستمع لمحاضرة يلقيها الأستاذ جويت في الكلية عن خواص الألمونيوم المدهشة وأهمية تقليل نفقات استخلاصه. فوخز الشاب زميله وهمس في أذنه قائلاً "سوف أتبع هذا المعدن" . ولم يكن الطريق سهلاً. فكثيراً ما تردد شارلس على أستاذه ليزوده بنصائحه ويستوضحه بعض النقاط ويستعير منه البطاريات والمواد التي تلزمه في بحثه. وبعد تخرجه من الكلية أخد هذا الشاب المكتشف يعمل بدون كلل لعدة أشهر متواصلة متخذاً من مخزن الخشب الذي يملكه والده معملاً يجري فيه تجاربه. وفي الثالث والعشرين من عام ١٨٨٦ كللت جهوده بالنجاح وأحرز نصراً رائعاً. وهرول مسرعاً إلى معمل أستاذه القديم باسطاً كفه وعليها بضع كرات فضية، وصاح قائلاً بحماس صعب عليه إخفاؤه "أستاذي .. لقد نجحت".

و بمحض المصادفة تمكن شاب آخر يدعى هيرولت في الثانية و العشرين

من عمره أيضا _يعمل مستقلاً في فرنسا_ من التوصل إلى نفس الاكتشاف. وطلب تسجيل اكتشافه في فرنسا بعد نجاح شارلس بشهرين تماماً.

وتتلخص الطريقة التي اتبعها شارلس هول في صهر الكريوليت "وهو فلوريد مزدوج للألمونيوم والصوديوم" في بوتقة من الجرافيت ثم إذابة بعض أكسيد الألمونيوم في الخام المنصهر وإمرار تيار كهربي في المحلول. وبعد محاولات أولية فاشلة تحقق حلمه وانفصل معدن الألمونيوم البراق الذي تسبب في رخاء العالم. وزادت ثروة هول بالتبعية

وكذا شركة الألمونيوم الأمريكية وكلية أوبرلين التي وهبها هول بعد مماته أملاكاً تقدر قيمتها بخمسة ملايين من الجنيهات.

وليس أدل على ظاهرة النمو في صناعة الألمونيوم من الزيادة الهائلة في إنتاجه، فقد قفز الإنتاج العالمي من ٤٠ ألف رطل في عام ١٨٩٠ إلى ٤ ملايين طن في عام ١٩٥٥، وقد يتضاعف هذا الرقم في عام ١٩٧٥. وفي عام ١٩٥٥ أنتجت الولايات المتحدة وحدها $1\frac{1}{2}$ مليون طن. وأنتجت كندا وهي أقرب المنافسين ما يقرب من هذا الرقم، هذا بخلاف ما تنتجه الدول الأخرى. وكان إنتاج الألمونيوم في كندا تحتكره شركة الألمونيوم الأمريكية التي تستغل مناجم البوكسيت في أركنساس وفي غيانا الهولندية والبريطانية في أمريكا الجنوبية. غير أن اتحاد الصناعات الكندي استغل كميات هائلة من الطاقة على نهر ساجونياي بكويك ومثلها في كيتمات غرباً تكفي لسد حاجة العالم من الألمونيوم حالياً. ومن المتوقع زيادة الإنتاج مستقبلاً نظراً للاستعمالات الجديدة لهذا المعدن. وقد دفعت احتياجات الطيران الحرب إلى زيادة إنتاج الألمونيوم زيادة واسعة مفاجئة.

ويزيد ما يحتاج إليه الإنتاج الحربي في أمريكا من الألمونيوم على بليوني رطل، مما يجعل هذا المعدن يلي الصلب مباشرة من حيث الإنتاج متخطياً بذلك النحاس والزنك. ويعتبر الألمونيوم من المعادن الحديثة إذا ما قورن بغيره من المعادن العتيقة التي عرفها الإنسان منذ آلاف السنين كالحديد والرصاص والنحاس والزنك وبذلك يمكننا أن نتخيل حجم صناعة الألمونيوم بعد قرن آخر من الزمان.

ترى ما هي خواص الألمونيوم التي جعلت منه معدناً هاماً في الاستعمالات العامة، بغض النظر عن سعره "خمسة قروش للرطل"؟ ويمكن التعبير عن هذه الخواص بإيجاز بأن الألمونيوم معدن مقاوم للثقل والصدأ موصل للحرارة والكهرباء وله قابلية كبيرة للتشكيل.

وإذا ما قورن الألمونيوم بالنحاس على أساس الوزن "رطل لرطل" . فإننا نجده

موصلاً أجود من النحاس للكهرباء. وقد ترتب على هذه الخاصية كثرة استعماله في صناعة الكابلات التي تحمل التيار الكهربي، والتي يستخدم منها ما يزيد طوله على ٩٠٠ ألف ميل.

و من التطورات العصرية الهامة في استعمال الألمونيوم استخدامه في المجالات المعمارية. فالخوذة البراقة و التي وضعت في عام ١٨٨٤ على تمثال واشنطن والتي تزن ستة أرطال، مصنوعة من الألمونيوم. وقد زينت أبراج مانهاتن اللامعة بعدة أطنان من إطارات الألمونيوم. ويستعمل الألمونيوم حالياً في صنع إطارات النوافذ والشبابيك والبوابات. ويتكون سدس السطح الخارجي لمبنى إذاعة روكفلر الذي يحتوي على عشر بنايات من ثلاثة ملايين رطل من الألمونيوم. ويدل كل ذلك دلالة واضحة على أن للألمونيوم مكانة كبيرة في فن المعمار الحديث.

وتصنع المقاعد حالياً من مواسير مفرغة من الألمونيوم وكذا الأسرة مما يؤهل هذا المعدن لاحتلال مكانة الحديد والنحاس الأصفر في هذه الصناعة الهامة.

وقد ظهرت في الأسواق حديثاً أنواع من الطلاء شديدة الالتصاق، تستعمل في أغراض الزخرفة كما هو الحال في الشمعدانات. وليست هذه الأصباغ مطلية بالميناء ولكنها مرسبة على المعدن المؤكسد كهربياً ولها صفات مقاومة للخدوش، تصل إلى عشرة أضعاف الميناء العادية المعالجة في الأفران.

ويحتوي الألمونيوم العادي على ٩٩,٢٪ ألمونيوم و ٠,٨ ٪ سيلكون و حديد. ومن المعلوم أن صناعه هياكل الطائرات الضخمة تحتاج إلى خفة الألمونيوم وصلابة الصلب مجتمعتين. وقد أمكن الجمع بين هذه الصفات باكتشاف سبائك جديدة مثل الدير ألمونيوم التي تحتوي على ٩٥٪ ألمونيوم، ٤٪ نحاس، $\frac{1}{2}$ ٪ منجنيز، $\frac{1}{2}$ ٪ مغنيسيوم. وتكتسب مثل هذه السبائك بالتشكيل والمعالجة بالحرارة قوة احتمال تبلغ ٧٥ ألف رطل على البوصة المربعة. وبذلك تقترب صفاتها من صفات الصلب اللين. ويعتقد زاي جفريس حجة السبائك أن وجود جزيئات النحاس أو العناصر المقوية الأخرى يعمل

على منع انزلاق الأسطح المختلفة لبلورات الألمونيوم في السبيكة.

وبتعرض الطائرات تعرضاً مستمراً للهواء المالح فوق البحار يحدث لهياكلها المصنوعة من الدير ألمونيوم نوع من التآكل الداخلي بين بلورات المعدن، مما يعرض أرواح الركاب والملاحين لخطر داهم. وكان ذلك من المسائل التي سببت قلقاً بالغاً للقائمين بأمر صناعة الطائرات. ولكنه أمكن التغلب على هذه المشكلة أيضاً بصنع هياكل الطائرات من كتل من سبائك الدير ألمونيوم المغطاة بصفائح من معدن الألمونيوم النقي المحضر بالترسيب الكهربي مرتين. ثم لف هذه الكتل على هيئة اسطوانات، بحيث يكون السطح الألمومنيومي غير القابل للتآكل هو المجابه لهواء البحر، وبذلك اختفت هذه الظاهرة الخطيرة تماماً.

ومن الاستعمالات الشائعة للألمونيوم "نقاوة ٩٩٪" وسبائكه استعماله في صناعة السيارات، إذ تصنع منه الملايين من مكابس المحركات و بعض الأجزاء الأخرى الصغيرة. وتعتبر خفة وزن هذا المعدن من العوامل التي رشحته لا لصناعة الطائرات حسب، بل وفي صناعة السيارات وعربات السكك الحديدية و سيارات النقل، فيقل بذلك وزنها ويمكن زيادة حمولتها. وتستخدم عدة شركات للسكك الحديدية الألمونيوم في صناعة عربات الركوب في الوقت الحاضر. ويمكن القول إجمالاً بأن وسائل النقل أصبحت تدرك أهمية الألمونيوم بالنسبة لها.

و تزخر السماء بطائرات براقة جعلها الألمونيوم خفيفة رشيقة قوية وبعيدة المدى في طيرانها. وقد صممت إحدى طائرات التجارب لتحمل مائتي راكب أو أربعة عشر طناً من البضائع لتطير عدة آلاف من الأميال دون إعادة تزويدها بالوقود. ويعود بعض الفضل في ذلك إلى الاقتصاد في وزنها باستعمال سبائك الألمونيوم والمغنيسيوم الخفيفة. ومن الممكن بناء طائرات أكبر و أسرع عند الضرورة.

وسطح الألمونيوم اللامع عاكس جيد للحرارة، ولذلك فقد وجد استعمالاً كبيراً في القاطرات والبواخر والمنازل وآنية حفظ اللبن كمادة عازلة. ومن الطبيعي أن الشرائح

الرقيقة من هذا المعدن لها نفس خاصية الألواح السميكة من حيث الإشعاع، بل وتمتاز عنها في أنها خفيفة الوزن، لدرجة أن صفيحة رقيقة منها تزن $\frac{1}{16}$ من الرطل ركبت في منظار فلكي قطره ٢٠٠ بوصة لتعكس الأشعة فوق البنفسجية غير المرئية، المنبعثة من النجوم والكواكب على ألواح فوتوغرافية حساسة.

ويدخل معدن الألمونيوم في صناعة آنية الطهي منذ فترة طويلة. وما زال هذا الاستعمال شائعاً للآن على اعتبار أنه معدن مأمون يتفاعل بدرجة ضعيفة مع الأحماض الناتجة عن الطهي، ويكون أملاحاً غير ضارة بالصحة إطلاقاً.

ويستعمل الألمونيوم المبشور كمادة طلائية هامة تدخل في تركيب البويات وخاصة المواد الطلائية العاكسة للحرارة التي تطلى بها صهاريج الزيت. وتعمل هذه الأسطح الفضية على تقليل الفقد الناتج عن تبخير الجازولين صيفاً. ويقترح الرأي العام طلاء خزانات الغاز السوداء القبيحة التي تشوه المدن الكبرى بطلاء الألمونيوم البراق ليكسبها رونقاً جميلاً يمتزج فيه اللون الفضي بزرقة السماء.

وقد اكتشف العالم كولن .ج. فينيك من جامعة كولومبيا طريقة جديدة لتغطية الصلب بطبقة رقيقة من الألمونيوم. و تتلخص هذه الطريقة في تنظيف سطح الصلب بالأيدروجين الساخن ثم غمره في الألمونيوم المنصهر، فيكتسب طبقة واقية لاصقة، ويتحمل درجات حرارة عالية قد تصل إلى ١٠٠٠ درجة مئوية لمدد طويلة. ويبدو أن الألمونيوم يكون سبيكة جديدة مع الصلب لا تتأثر بالحرارة العالية وتقاوم الصدأ في الوقت نفسه. وبديهي أن مثل هذا الصلب سيجد مجالاً واسعاً في الاستعمالات الإنشائية.

ويستعمل الألمونيوم في اللحام خاصة في حالات الكسر الطارئة التي تتطلب إنقاذاً سريعاً مثل عامود الحركة في الآلات الكبيرة ودرافيل الصلب الضخمة والأجزاء المختلفة المصنوعة من الصلب. وتتم عملية اللحام بصب خليط من الألمونيوم المجروش وأكسيد الحديد في وعاء مخروطي يوضع فوق الجزء المكسور مباشرة، ثم يبدأ التفاعل بين المادتين

بمسحوق إشعال فيبدأ الشرر في التطاير، وعندئذ ينزع غطاء الوعاء المخروطي لينسكب الحديد المنصهر فوق الأجزاء المكسورة كما يتضح من المعادلة الآتية:

2 لو + ح$_2$أ$_3$ ← لو$_2$أ$_3$ + 2 ح

ألمونيوم أكسيد حديد أكسيد ألمونيوم حديد

وينتج عن هذا التفاعل حرارة عالية تصهر الحديد وأجزاء المحور المكسورة التي يستحسن أن توضع في قالب من الرمال ليحفظ شكلها. ومن ميزات هذا اللحام أنه متجانس وله قوة المحور قبل الكسر. وقد استخدم بارنس بجامعة ماكجيل شحن الثرمايت "خليط الألمونيوم وأكسيد الحديد" بنجاح لتحطيم الكتل الجليدية الخطرة في الأنهار. إذ تتسبب الحرارة الهائلة المنبعثة من الثرمايت في إضعاف الكتل الثلجية في الأماكن الحساسة منها. وأمكن بهذه الطريقة تفتيت إحدى هذه الكتل الهائلة التي يبلغ وزنها ملايين الأطنان في أوجدنسبرج بنيويورك في تسع ساعات وبلغ عدد شحن الثرمايت التي استعملت ٢٩٠ شحنة. وتمكن بارنس من تحطيم ركام جليدي طاف فوق البحر بتثبيت قنابل من الثرمايت في هذا الجبل.

أما المغنيسوم _ثاني هذه المعادن الخفيفة_ فقد زاد إنتاجه السنوي إلى ١٥٠ ألف طن لسد حاجة الإنتاج الحربي في الطيران. ومن المنتظر أن ينخفض سعره عن ١٠ قروش للرطل. ويمكن استخلاص هذا المعدن من ماء البحر والملاحات وخامي الدولوميت والماجنزيت. وهو أخف من الألمونيوم "$\frac{2}{3}$وزنه" الذي يباع بسعر سبعة قروش للرطل. مما يجعل المنافسة بينهما على أساس الحجوم. غير أن هذين المعدنين يدخلان سوياً في تركيب بعض أنواع السبائك. ويختلف المغنيسوم عن الألمونيوم في كونه أكثر صلابة.

ويحضر المغنيسيوم بالتحليل الكهربي لكلوريد المغنيسيوم المنصهر بعد إضافة بعض الملح إليه لخفض درجة انصهاره. وربما أصبحت عملية اختزال الأكسيد بواسطة الفحم في الفرن الكهربي منافساً قوياً لهذه الطريقة في القريب، ولو أن مشكلة تبريد وتكثف

بخر المغنيسيوم السريع الاشتعال ليست بالمشكلة الهينة.

وتستعمل بعض مركبات المغنيسيوم في الأغراض الطبية. فالمركب الشائع الاستعمال والمعروف باسم "لبن المغنيسيا" عبارة عن مستحلب من إيدروكسيد المغنيسيوم [ما (أ يد) $_2$] مع الماء وهو قلوي ضعيف للغاية. وهناك مركبات أخرى، تدخل في الصناعة مثل كربونات المغنيسيوم القاعدية، تلك المادة الهشة البيضاء التي تحفظ الحرارة، ولذا فهي تستعمل في تغطية أنابيب البخار والمراجل. وتعتبر منافساً قوياً للإسبستوس الذي هو من نفس العائلة. لأن صخر الإسبستوس عبارة عن سليكات المغنيسيوم والكالسيوم. و تعتبر كندا من الدول الغنية بهذا الخام.

ثم يأتي دور البريلليوم ثالث هذه المعادن وهو في خفة المغنيسيوم. وخامات البريلليوم متوفرة ومنها خام البريل، ولو أن استخلاص المعدن باهظ التكاليف. وهو ليس بالجديد على قائمة المعادن المعروفة، وكل ما هنالك أن أسعاره من قرن مضى كانت خيالية، وربما وصل ثمن الرطل الآن بضعة جنيهات. ويعتبر التحلل الكهربي لمركبات البر يلليوم المنصهرة الطريقة المثلى لتحضير المعدن، إلا أنها محفوفة بالمصاعب.

ومعدن البريلليوم معدن هش جداً لو استعمل وحده "خلا استعماله في نوافذ أنابيب أشعة أكس"، ولكن من المنتظر أن يجد استعمالاً واسعاً لو صنعت منه سبائك خاصة. ومن المعروف أن إضافة نسبة مئوية ضئيلة من البريلليوم إلى النحاس تزيد قوته وصلابته عدة مرات. وتزيد قابلية النحاس للتوصيل الكهربي بعض الشيء. و يتحمل اللولب "ياي" المصنوع من النحاس والبريلليوم ذبذبة الطائرات لدرجة كبيرة دون أن يظهر كللاً.

وزن قدم مكعب من المعادن المعروفة

مغنيسيوم	١٠٩ أرطال
ألمونيوم	١٦٩ رطلاً

حديد	٤٩٢ رطلاً
نحاس	٥٥٦ رطلاً
رصاص	٧٠٥ أرطال

وفي عام ١٩٣٢ كانت الأسعار السوقية للقدم المكعب من هذه المعادن متقاربة جداً، فيما خلا الحديد الذي كان يباع بأسعار تقل عنها كثيراً. ولكن الوضع قد تغير الآن.

ملاحظة:

بإضافة ٢٪ من البريلليوم للنيكل يكسبه قوة شد الصلب.

ويلاحظ أننا لم نعط الليثيوم ـوهو أخف المعادن كلهاـ مكانة في هذا الفصل، وذلك راجع لقلة استعماله. إلا أنه وجد في عام ١٩٤٣ استعمالاً هاماً، وذلك بالانتفاع ببخاره في خلق جو غير مؤكسد يحيط بالصلب في أثناء تشكيله بالحرارة. وبذلك يمكن إنتاج صلب خال من الأكسيد.

الفصل الرابع والثلاثون

منزل المستقبل

لقد ذهبت أيام أمريكا البدائية إلى غير رجعة، وامتدت حدودها الغربية إلى المحيط الباسيفيكي، كما قضي على معظم الهنود الحمر وعلى جميع قطعان الجاموس والدببة تقريباً.

هذا وقد سبب زحف المدنية والعمران إلى غرب أمريكا توسعاً متزايداً في الاقتصاد، وهيأ الفرصة لنمو السكك الحديدية ومنشآتها التي أرغمت بالتالي صناعة الصلب على النمو الهائل. ثم جاء دور السيارة لتغذي الاقتصاد بدماء جديدة.

وتملك أمريكا حالياً شبكة ضخمة من الخطوط الحديدية وعدداً هائلاً من الطرق الخراسانية و٦٠ مليون سيارة. ومن المعروف أن اقتصاد أية دولة يتأثر بتأثر صناعاتها الكبرى التي رسمت سياستها الإنتاجية على أساس التوسع المطرد. فإذا ما وجدت الأسواق مكتظة وتوزيع المنتجات منخفضاً كفت عجلاتها عن الدوران.

ومما لا شك فيه أن التوسع في بناء مساكن رخيصة تتناسب ودخل الأسر المتوسطة والفقيرة يؤدي حتماً إلى إيجاد أسواق لصناعة الصلب والزجاج والأسمنت وغيرها من الصناعات الأخرى التي ترتبط بصناعة المعمار.

وربما اعترض البعض بأن هناك عدداً كافياً من المساكن والمنازل في أمريكا. وليست هناك حاجة ماسة إلى التوسع في هذا الميدان. إلا أنه من المعروف أن ما يقرب من نصف عدد المساكن لا تنطبق عليه الاشتراطات الصحية والمعيشية الكافية.

حقيقة إن دخل الفرد في أمريكا زاد زيادة سريعة في السنوات الأخيرة، إلا أن تكاليف البناء زادت تبعاً لزيادة دخل الفرد. وهناك قاعدة سليمة تقول "إنه لا يجب أن

تدفع أية أسرة ما يزيد على ضعف دخلها السنوي ثمناً لشراء منزل. أو تدفع إيجاراً لمسكن يزيد على ٢٠٪ من دخلها المحدود".

فإذا قبلنا هذه القاعدة فكيف إذا يجد ثلثا السكان مساكن أنيقة و صحية ومريحة يتراوح ثمنها ما بين ١٦٠٠،٣٠٠٠جنيه؟ إن مثل هذه المساكن ما زال ضمن مشروعات المستقبل. ومن الأسباب التي حافظت على ارتفاع أسعار البناء إتباع الطرق العتيقة وسياسة قصر النظر التي تسير عليها اتحادات نقابات عمال البناء. هذا وقد بلغت جملة المنصرف على مشروعات البناء وحدها في الولايات المتحدة عام ١٩٥٦ عدة بلايين من الجنيهات، وهو مبلغ أكبر بكثير من دخل السكك الحديدية، و يعادل ضعف ثمن السيارات التي أنتجت في ذلك العام.

وتتطلب صناعة البناء عدة مواد أولية بعضها قديم والآخر جديد وكلها متوفرة. ومنها الحديد المسلح وسبائك الألمونيوم الخفيفة والثقيلة وألواح الصلب الملونة بطلاء الميناء الجميل وقوالب الزجاج الملون والأسقف المصنوعة من الألمونيوم الخفيف أو النحاس المزخرف وأنواع الأسمنت المختلفة والمواد العازلة للحرارة والبلاط والأسبستوس والطلاءات والزجاج الذي يسمح بنفاذ أشعة الشمس فوق البنفسجية الصحية والمواد اللاصقة. وأحدثها كلها خشب الأبلكاش.

وقد تقدمت أوروبا الطريق في ميدان البناء الذي كان يجب أن تتفوق فيه أمريكا. هذا و تستخدم ألمانيا الصلب و الزجاج والكونكريت في بناء الكنائس والمخازن والعمارات والمسارح والمنازل على طراز معماري رائع ومن المناظر غير المألوفة منظر منزل في المجر لفت أنظار الكثيرين لغرابته، إذ شيدت حوائطه الخارجية من النحاس والداخلية من الصلب وبينهما طبقة عازلة.

ويعتقد المهندسون ذوو الآراء التقدمية أن منازل المستقبل المصنوعة من المعدن والزجاج يجب أن تعمم دون التقيد بنظريات البناء التقليدية التي تمسك بها البناءون فترة طويلة. وحجتهم في ذلك أن السيارة الأولى كانت أقرب ما تكون إلى العربات القديمة

التي تجرها الجياد، ثم تطورت مع الوقت لدرجة كبيرة متمشية مع احتياجات العمر الذي نعيش فيه. وهذا ما يجب أن يكون عليه حال المنازل. ومن المواصفات المطلوبة في الوقت الحاضر كثرة الضوء والهواء والراحة والنظافة والاتساع، وهذه كلها لا يمكن توافرها إلا في المنزل الحديث.

ويشير والترتيجل إلى ذلك بقوله: "حقيقة عاش الناس قديماً حياة حافلة دون أن يعرفوا الأجهزة الحديثة كالثلاجات وأجهزة تكييف الهواء وغيرها. وكثيراً ما كان أصحاب الأرض في عهد الملكة إليزابيث الأولى والفلاحون أيام وليم الفاتح يشيدون مساكنهم وفق رغباتهم دون التقيد بقواعد المعمار. ومع ذلك فقد كانوا أقوياء أصحاء رغم ارتفاع نسبة وفيات الأطفال في ذلك الوقت والتي وصلت إلى ٥٠٪، ورغم انتشار الروماتزم وداء النقرس. ولم يكونوا ليعبأوا بالاغتسال، كما اعتبروا الجدري والطاعون قضاء حتمياً. هذا ولم يكن متوسط أعمارهم يزيد على الثلاثين عاماً مقابل ٦٨ عاماً في الوقت الحاضر. وقد عاش أجدادنا حياة رغدة دون أن يعرفوا مواقد الغاز أو آلات الكي والغسيل والثلاجات الكهربية. ويكفي أنهم لم يعرفوا مشكلة الخدم التي نعاني منها في الوقت الحاضر والتي كثيراً ما تحطم هناءة الأسرة، فقد كانوا يختارون أحسن الخدم مقابل ثلاثة جنيهات في الشهر".

وربما بدت بعض المنازل المشيدة على نمط واحد قبيحة المنظر بعض الشيء، إلا أن ذلك متوقع. فقد كانت السيارة الأولى أيضاً قبيحة ثم تطورت بمضي الوقت. هذا ويعتبر الجمال والبساطة والنظافة والاقتصاد من مواصفات المنزل الحديث، غير أن هذه المواصفات لا يمكن تحقيقها بأسعار مناسبة إلا بتصنيع البناء. ولا يعني ذلك توحيداً مطلقاً في تخطيط المنازل، إذ أنه من الممكن بشيء من التصرف ترتيب حجرات بأكملها في مجموعات مختلفة تماماً كما يحدث في لعب الأطفال التي يمكن تحويرها لتكون تارة قلاعاً و تارة أخرى كباري أو منازل.

وسوف يستغني عن الأقبية "المخازن" في منزل المستقبل، كما ستختفي الأساسات الباهظة التكاليف والحوائط السميكة التي يبلغ سمكها من ٨ إلى ١٣ بوصة، وستصبح

حوائط منزل المستقبل مجرد ستائر أو حواجز ترتكز على هياكل من سبائك الصلب أو الألمونيوم. وستكون هذه الحوائط من طبقتين من ألواح المعادن مثل الصلب غير القابل للصدأ أو الألمونيوم أو النحاس أو الصلب المطلي بالميناء يملأ الفراغ بينهما مادة عازلة للحرارة. ورغم أن سمك هذه الحوائط لا يتعدى بوصة أو بوصتين على الأكثر فإنها ستقي برد الشتاء وحرارة الصيف بدرجة أكبر من الحوائط السميكة المبنية حالياً.

وسوف تعمم الأسطح المستوية التي كان يصعب تركيبها في الماضي خوفاً من عدم تحملها ثقل الجليد المتساقط عليها شتاء، وذلك بفضل المعادن الإنشائية التي تعطي المتانة المطلوبة. كما يمكن استغلال هذه الأسطح في إنشاء حدائق السطح "روف جاردن". كما ستهيئ الطوابق الداخلية الفرصة لعمل شرفات جميلة يمكن زرعها بحدائق صغيرة.

وطبيعي أنه كلما زادت تكاليف المنزل توفرت فيه وسائل الراحة والبهجة. ومن الوسائل الحديثة لتوفير المتعة إقامة حوائط من الزجاج الملون الشفاف نوعاً. ذلك الذي يسمح بنفاذ ضوء النهار بشكل خافت وتبدو متوهجة الأزهار المضيئة ليلاً.

وستتوفر الراحة و المتعة الكبرى بتعميم "الجو الصناعي" "تكييف الهواء" المستعمل حالياً في الأماكن الهامة مثل رئاسة الجمهورية ومبنى الكونجرس الأمريكي والكثير من دور السينما وبعض المصانع التي تتطلب جواً خاصاً وبعض القطارات والمخازن الكبيرة. وقد توصل مهندسو التهوية إلى الحقيقة التالية: وهي أننا نشعر بأكبر قسط من الراحة والنشاط البدني والذهني في درجة ٢١ مئوية ودرجة رطوبة نسبية من ٣٨ _ ٤٠٪ مع وجود تيار مناسب من الهواء. ولتفسير الرطوبة النسبية نقول إن الندى يتساقط عندما يبرد الهواء الرطب تبريداً كافياً. وتدل هذه الحقيقة على أن الهواء الساخن يحمل رطوبة أكثر من الهواء البارد. و بالعكس إذا مرر هواء الشتاء البارد المشبع بالرطوبة "رطوبة نسبية ١٠٠٪" في منزل مدفأ لدرجة ٧٠ فهر نهيت فإننا نشعر بالهواء جافاً. والواقع أن الرطوبة النسبية لهواء المنزل العادي في الشتاء البارد تكون أقل من ٢٥٪ من درجة التشبع. وهو على أية حال أكثر جفافاً من الهواء فوق صحراء ليبيا مثلاً. هذا وتتأثر

الأغشية المخاطية للأنف والفم والحلق بتبخر الرطوبة بسرعة مما يزيد من احتمال الإصابة بنزلات البرد. كما أنه ليست من الأمور الهينة إضافة الماء الكافي لهواء المنزل في الشتاء، إذ يحتاج المنزل الصغير إلى ٦ جالونات في اليوم في الجو البارد جداً و٢٩ جالوناً أو أكثر عند درجة التجمد.

وتعمل أجهزة تكييف الهواء على إزالة الغبار ومعظم البكتريا من الهواء، وذلك بغسله برذاذ الماء الذي يعمل في الوقت نفسه على ترطيب الهواء. ومن المقترح تبريد الماء الذي يرش به الهواء في فصل الصيف مع إحكام غلق النوافذ وعزل الحوائط عزلاً تاماً، بحيث يصبح جو المنزل رطباً منعشاً في الوقت الذي يكون فيه الهواء الخارجي حاراً خانقاً درجة حرارته ٣٧ مئوية أو أكثر، ولإتمام كل هذا بطريقة اقتصادية يجب أن يكون المنزل محكماً كالثلاجة. كما يجب أن يمرر الهواء ثانية بعد غسله وتبريده. و يمكنك أن تتخيل متعة الحياة في الصيف لو فرضنا أننا ننام في منازل مكيفة الهواء

و نركب قطارات مكيفة تنقلنا إلى أماكن عملنا، ثم نعمل في مكاتب مكيفة الهواء. و بعدها تمضي السهرة في مسارح مكيفة.

ثق بأن كل هذا واقعي ولا يمت للخيال بصلة. فأجهزة تكييف الهواء موجودة فعلاً في الأسواق وإنتاجها في زيادة مستمرة. و بنزول أسعارها مع عزل حوائط المنازل عزلاً تاماً سوف يعمم استعمالها. ومن الممكن أيضاً استخدام نفس الجهاز للتبريد صيفاً و التدفئة شتاء.

وقد استخدمت أجهزة تكييف الهواء في تكييف أعمق منجم ذهب في العالم على عمق ٨٣٨٠ قدماً من سطح الأرض على نهر الراند في جنوب إفريقيا. وكانت درجة حرارة هذا المنجم تصل من ٣٨_٤٨مئوية، والرطوبة النسبية من ٩٠ _ ١٠٠٪ مما يجعل جوه خانقاً لا يطاق. و تستلزم عملية تكييف هواء هذا المنجم دفع ٤٠٠ ألف قدم مكعب من الهواء الجاف الرطب إلى أعماق المنجم للترفيه عن عماله.

هذا و يمكن التخلص من الروائح الكريهة في المصانع بإمرار الهواء على فحم

منشط. ونعتقد أن الوقت قد حان لاستخدام هذه الطريقة في المطابخ للتخلص من رائحة البصل والكرنب النفاذة. ويكفي لتنقية هواء المطبخ مروحة صغيرة تدفع هواء المطبخ في طبقة من الفحم الكثير المسام، فيساعد الكربون أكسجين الهواء على التخلص من هذه الروائح.

والفائدة الاجتماعية التي تعود على الملايين من الناس باقتناء منازل جميلة ومريحة تعتبر فائدة عظيمة. إذ ستصبح الحياة المنزلية متعة تجعلنا نتذوق الفن ونحسه.

وقد أعلن في أثناء طبع هذا الكتاب عن اكتشاف مادة جديدة عازلة للحرارة. وتحضر هذه المادة بدفع الهواء و تقليبه في إحدى المواد الراتنجية وهي سائلة حتى تتجمد إلى مادة مسامية صلبة تصلح لعزل حوائط المنازل في المناطق الحارة وتعتبر هذه المادة أصلح وأكثر عزلاً من الفلين والحرير الصخري.

الفصل الخامس والثلاثون

الكيميائيون و عضوية مجالس إدارة الشركات

منذ عدة سنوات تباهت شركة من أكبر شركات البترول بأن أربعة من أعضاء مجلس إدارتها البالغ عددهم عشرة أعضاء لم يكونوا مهندسين بل كيمائيين يحملون درجة دكتور فلسفة في الكيمياء البحتة أو النظرية. وكان رئيس مجلس الإدارة نفسه أحد أولئك الذين يحملون هذه الدرجة، ووصل إلى هذا المنصب نتيجة لبحث مبتكر قام به وجنت الشركة من ورائه أرباحاً تربو على ٣٠ مليون جنيه في عشرة أعوام.

وكانت هذه الشركة من أوائل الشركات الأمريكية التي حشدت عدداً كبيراً من الكيميائيين الباحثين على النحو الذي قامت به ألمانيا، حيث سارت الكيمياء والصناعة جنباً إلى جنب منذ أمد بعيد. وقد كانت شركتا ديبونت و جنرال إليكتريك من بين المؤسسات الأمريكية الكبرى التي نظرت إلى البحث العلمي على أنه دعامة الصناعة.

وما إن جاءت الحرب العالمية الأولى حتى زاد الاعتقاد في أهمية البحوث الكيميائية في الصناعة والحرب على السواء. ولم يكن هـ.ج.ويلز ساخراً بل كان على حق عندما قال "إن تطور الحرب الحديثة قلل من أهمية الجنود تماماً واستعاض عنهم بالعلماء ".

و تفخر الولايات المتحدة في الوقت الحاضر بآلاف المعامل المعدة للأبحاث، و بالمبالغ الطائلة التي تنفقها المصانع على البحوث والاكتشافات العلمية والتي تزيد على ألف مليون جنيه سنوياً. ويعمل في هذه المصانع ما يربو على ستين ألفاً من الكيميائيين.

ويعتبر البحث العلمي أضمن وسيلة لتأمين رأس المال المستثمر في الصناعة. وللتدليل على ذلك يقول موريس هولاند "في الصراع الجبار للحصول على التفوق

الصناعي تسبب زحف العلم والاكتشاف والاختراع في تقدم الصناعة، إذ كثيراً ما أدي كشف جديد في العمل إلى خلق صناعة جديدة أو توسيع صناعة قائمة أو ربما إلى زوال أخرى" . فكما أن البحث قادر على خلق الثروة فهو قادر أيضاً على ضياعها. وهناك قاعدة سليمة ولو أنها ليست عامة وهي تقضى بالاستفادة من أعوام الكساد التجاري في البحث لاكتشاف منتجات جديدة رخيصة وجيدة. والصناعة على درجة كبيرة من التقلب مما يتطلب اليقظة المتناهية كي نحصل على نجاح مضطرد. ويقول إيسيلين "إن البحوث الكيميائية تزيد الإنتاج وتعمل على تقليل التكاليف وتحسين النوع."

وقد دأبت البنوك الكبرى في ألمانيا منذ خمسين عاماً على استشارة علماء الكيمياء قبل منح القروض لأصحاب المصانع، وكان ذلك وليد عقيدة راسخة وهي أن التعاون الوثيق بين البحث والصناعة ضمان للقرض. وبشيء من التردد بدأ أصحاب البنوك في أمريكا الاقتناع بهذه السياسة التي تتسم بطابع بعد النظر.

ويقدر إنتاج المواد الكيميائية في العالم بعدة بلايين من الجنيهات، وهي ضرورية لنجاح عدة صناعات. فعملية تكرير البترول عملية كيميائية بحتة ومثلها صناعة الحديد والصلب وصناعة الألياف الصناعية والمطاط الصناعي واللدائن وغيرها من منتجات الصناعات الضخمة. ويقدر إنتاج أمريكا من الصناعات الكيميائية بمبلغ ٢٠ ألف مليون جنيه سنوياً.

ويعود كل جنيه ينفق على البحوث الزراعية بخمسمائة جنيه على الشعب. وقد خصصت الحكومة الأمريكية مبلغ عشرة ملايين من الجنيهات للإنفاق على مثل هذه البحوث. ومنذ نصف قرن مضى منحت جائزة كابر ومقدارها ألفان من الجنيهات للأستاذ ستيفين .م . بابوك من جامعة وسكونسين للخدمة الممتازة التي أداها للاقتصاد الزراعي الأمريكي. ففي عام ١٨٩٠ طلع هذا الرجل على العالم باختبار بابوك الشهير للكشف عن الدهون في زبد اللبن، لجعل بذلك صناعة الألبان تقوم على أسس علمية ثابتة بعيدة عن الغش. وأمكن ترتيب قطعان الماشية حسب جودتها فزاد بذلك الدخل

القومي عدة ملايين من الجنيهات. وفي ذلك الوقت لم يحظ هذا الكشف بتمويل المؤسسات الصناعية، وكانت نتيجة ذلك أن استغل بابوك العملية بنفسه وكانت أرباحه خيالية.

ويعتبر رأس المال المستثمر في البحث "رأس مال صبور" وذلك لأن نتائج البحث لا تظهر في فترة وجيزة، وقد تحقق من ذلك أخيراً بعض أصحاب المصانع. والدليل على ذلك أن إحدى شركات الصباغة الألمانية أنفقت مليون جنيه في عشرين عاماً في البحث عن طريقة صناعية لتأليف الأنديجو "النيلة" ، وأخيراً كللت جهود العاملين في هذه الشركة بظهور صناعة تنتج ما قيمته ٨ ملايين جنيه من النيلة الصناعية سنوياً.

ويجب تشجيع وتمويل البحوث البحتة والنظرية والجهود التي تبشر بالنجاح لأننا سننتفع بها يوماً ما. ومن الأمثلة على ذلك ملف دائرة التليفون الذي اخترعه بيوبين من أربعين سنة مضت، وعاد استعماله على أمريكا ما قيمته مائتا مليون جنيه، وكذلك الأبحاث البحتة التي قام بها فاراداي منذ قرن مضى والدور الهام الذي لعبته في تشييد الصناعات الكهربية الهائلة. وقد ترك القائمون على شركة جنرال إليكتريك لانجموير يهيم في حقول البحث حيثما يقوده خياله. ولم يكن ذلك خطأ من جانب الشركة فهم يعرفون رجلهم ويثقون به. وليس أدل على ذلك من أن بحوثه النظرية أدى تطبيقها عملياً إلى فوائد عديدة ووفرت للبلاد ملايين الجنيهات سنوياً.

و يقول ميلليكان إن عالماً فذاً في علوم الطبيعة مثل ميكيلسون أفيد للبلادمن مؤسسة رأس مالها ٣٠٠ مليون جنيه.

ومن التعبيرات المألوفة "أن البحث صنع السيارة" وهو تعبير دقيق ينطبق على الطائرة وسفينة الهواء أيضاً. وللتدليل على صحة هذا القول نذكر على سبيل المثال أن المطاط وسبائك الصلب ومحرك البنزين و الألمونيوم والمغنيسيوم واللاكيه والزجاج غير القابل للكسر والمراكم كلها منتجات إما أن التفاعل الكيميائي قد دخل في صناعتها وإما أنها تؤدي وظيفتها بمساعدة مثل هذه التفاعلات. وما الوقود وزيوت التشحيم إلا

منتجات رئيسية توصلنا إليها عن طريق البحوث الناجحة في كيمياء البترول. وتمشياً مع مطالب السوق المتغيرة تنتج الدول حالياً من البترول كميات كبيرة من الجازولين وقليل من الكيروسين. وهذا عكس ما كان يحدث منذ خمسين عاماً مضت حيث كانت تقدر قيمة البترول بما ينتجه من الكيروسين، في الوقت الذي اعتبر فيه الجازولين ناتجاً ثانوياً غير مرغوب فيه. وفي مثل هذه الصناعة كما في غيرها من الصناعات الأخرى يتوقع الباحثون التغييرات التي قد تطرأ ويستعدون لها.

وعندما تذهب لتستمتع بمشاهدة السينما الناطقة تذكر أن نجاح صناعتها إنما جاء وليد البحث المثمر الذي كلف القائمين بها ما يقرب من ٢٠٠ مليون جنيه. ولم تكن صناعة السينما في الماضي لتعترف بفضل الباحثين، بخلاف ما هو عليه الوضع الآن حيث تعج استوديوهات السينما بآلاف الباحثين.

حقيقة إن المستحدثات الجديدة في عالم السينما لا تمت للكيمياء بصلة اللهم إلا الفيلم الخام نفسه فهو مادة كيميائية. وقد سبق أن ذكرنا في الفصل الخاص بالسليولوز أن معالجة هذه المادة بحامض النيتريك زودت صناعة السينما بالفيلم المصنوع من السليولويد والحرير الصناعي واللاكيه المستعمل في طلاء السيارات والقطن البارودي والبارود عديم الدخان. وقد تطلبت المصلحة العامة توافر حامض الخليك وأندريده "الحامض ناقص جزيء ماء" بأسعار رخيصة حتى يمكن تعميم السليولويد غير القابل للاشتعال والمصنوع من خلات السليولوز. ويرجع الفضل في ذلك كله للكيميائي بالطبع.

ومنذ عدة سنوات أثقل اليابانيون كاهل صناعة السينما وذلك برفع أسعار الكافور الطبيعي الذي كانوا يحتكرونه والذي يعتبر مادة أساسية في صناعة السليولويد، ولكن سرعان ما تدخل البحث العلمي وأوجد طريقة لتحضير الكافور صناعياً من التربنتين، وبذلك هبطت أسعار كافور فرموزا فوراً. وتحضر أمريكا حالياً كل الكافور اللازم لها صناعياً.

وقد ذكر الدكتور ويليام جير أن اكتشاف المنشطات في عملية تقوية المطاط "معالجته بالكبريت في درجة حرارة عالية لزيادة قوته ومرونته" وفرت لأمريكا ١٠٠ مليون جنيه سنوياً، وذلك بتقصير وقت العملية و بالتالي تخفيض نفقات الصناعة نفسها. وقد كان للبحوث العظيمة التي قام بها جوديير أثر كبير في خلق وسائل جديدة للنقل جعلت السكك الحديدية في المرتبة الثانية. ولو قدر لها أن تستعيض عن عجلاتها الحديدية بعجلات من المطاط لاستردت مكانتها.

وقد ذكرت بعض هذه الحقائق في فصول سابقة من هذا الكتاب. على أنه لا ضرر من أن نعود فنكرر أن هناك أهمية اقتصادية كبيرة لسبائك الصلب في صناعة المعمار وصناعة السيارات، والألمونيوم والمغنسيوم والنحاس ومنتجات السليولوز والفورمالدهيد وحامض الكربوليك "الفنيك" في صناعة الباكليت وأهمية تحضير النشادر من الهواء وتحويلها إلى حامض النيتريك اللازم لصناعة المفرقعات أو سماد للمزروعات. كما أنه لا يخفى مدى أهمية اكتفاء أمريكا الذاتي في صناعة الأصباغ اللازمة لصناعة المنسوجات الواسعة وأهمية المنتجات الكيميائية الناتجة من تقطير الفحم.

وحوالي عام ١٩٢٥ كانت صناعة تقطير الخشب في أمريكا والتي تكلف إنشاؤها ٤ مليون جنيه مهددة بالإفلاس، وذلك لأن بعض الكيميائيين في أوربا توصلوا إلى تحضير كحول الخشب "ك يد٣ أ يد" بصورة نقية من غاز الماء. إلا أن أمريكا توصلت بعد ذلك إلى هذا الاكتشاف، و تقوم مصانعها حالياً بإنتاج كميات وفيرة من هذه المادة النافعة بأسعار زهيدة. وحتى الأسيتون وحامض الخليك اللذين كانا يحضران فيما مضى بواسطة تقطير الخشب أمكن تحضيرهما حالياً بطرق كيميائية جديدة، ويبدو أنه ما من صناعة تجرؤ على الوقوف مكتوفة الأيدي أمام التقدم العلمي والبحث المتجدد.

ومن الأشياء التي تدعو للدهشة رؤية تلك الأنابيب الضخمة التي تبلغ أطوالها آلاف الأميال والتي تحمل الغاز الطبيعي المضغوط إلى المدن البعيدة. إن هذا يعني تقطير الفحم الحجري في المناجم وتحويله هو ومعظم المواد الناتجة إلى وقود غازي يدفع بضغط في الأنابيب إلى مدن تبعد آلاف الأميال. ومن الطبيعي أن في ذلك منافسة

للسكك الحديدية، ولكن يجب ألا ننسى أن مثل هذا الغاز سيعمل على تجميل المدن بإضاءتها بوقود عديم الدخان.

ولم يعد هناك في الوقت الحاضر معادن يمكن أن يقال عنها إنها عديمة النفع ولا تصلح إلا عينات في المتحف، ونذكر على سبيل المثال معدن التانجستين الذي اعتبر كذلك حتى خمسين عاماً مضت، ولكنه الآن من المعادن الرئيسية في الصناعة. فالمصابيح المصنوعة من التانجستين تعطي ضوءاً كبيراً، وتستهلك في الوقت نفسه تياراً ضئيلاً، لدرجة أن الوفر في استهلاك الكهرباء الذي يعود باستعمالها يعادل ٢٠٠ مليون جنيه سنوياً. ويعود الفضل في ذلك إلى أحد الباحثين حيث توصل إلى عمل خيوط دقيقة لينة من هذا المعدن لا تنكسر باستعمالها.

ولولا سبائك صلب التانجستين التي تصنع منها بعض أجزاء السيارة لكان ثمنها أعلى بكثير مما ندفعه الآن، لأن مثل هذه السبائك لا يسبب تلفاً للمخارط التي تستعمل في صناعة السيارة.

ويعتبر معدن التيلليريوم عديم النفع تقريباً في الوقت الحاضر. ولكن هل تجرؤ أن تقول إنه سيكون كذلك في المستقبل؟ إن البحث العلمي سيحدد الإجابة على هذا السؤال.

والآن ماذا تعرف عن الذهب مقياس الحالة الاقتصادية؟ فمنذ اكتشاف أمريكا أمكن استخلاص ٤٥ ألف طن من الذهب في العالم، وهي كمية كافية لصنع مكعب مصمت ارتفاعه $38\frac{1}{2}$ قدم. وقد خرج معظم هذا المعدن النفيس خارج نطاق التداول وأصبح حبيساً في التحف الأثرية أو الثروات المكنوزة في الهند والبلاد الأخرى. وفي الأوقات التي نحتاج فيها إلى المزيد من الذهب لتغطية العملة وموازنة أسعار المعيشة نجابه بالتنبؤات المظلمة التي تقول إن مناجم الذهب في جنوب أفريقيا والتي تمد العالم بنصف ما يستخرج من العالم كله ستكون قد أشرفت على النفاد، ولو أن هناك إشاعات مشجعة عن وجود مناجم الذهب في كندا والسويد. ومما لاشك فيه أن

انخفاض تكاليف استخلاص الذهب تجعل إعادة استثمار مناجم الذهب العديدة التي أغلقت في فترة ارتفاع نفقات استخلاصه عملية مربحة.

و باكتشاف طريقة السيانيد لاستخلاص الذهب منذ عدة سنوات أصبح في الإمكان استغلال الخامات الفقيرة في الذهب والتي لم يكن استغلالها بالطرق القديمة اقتصادياً، وقد ساعد ذلك على زيادة احتياطي الذهب في العالم. ويحتفظ أحد مناجم ألاسكا بالرقم القياسي في هذا المضمار، إذ مازال العمل يجري في استخلاص الذهب من أحد خامات هذا المنجم، علماً بأن الطن من الخام يحتوي على مقدار يقل عن نصف جنيه من الذهب. ومما لاشك فيه أن إدخال تحسينات كيميائية على طرق استخلاص الذهب سيكون له أثره الحسن على الاقتصاد.

وترجع قيمة الذهب التي تفوق أي حصر إلى كونه أساس عمليات المبادلة التي تسهل تنمية التجارة بين شعوب الأرض.

ويتوقف سعر الفضة على استعمالها كعملة، فمثلاً إذا رغبت الهند في التعامل بالذهب انخفضت أسعار الفضة. ويقترح المهندسون بيعها كسلعة يزيد سعرها بضعة قروش للرطل عن سعر النحاس، وذلك لأن الفضة موصل أجود من النحاس للكهرباء، ويمكنها في حدود الكميات المستخلصة أن تحل محل النحاس في الصناعات الكهربية. وتستهلك هواية التصوير والرسم قدراً يسيراً من إنتاج العالم. وتعتبر الفضة حالياً ناتجاً ثانوياً في صناعة النحاس والرصاص.

أما البلاتين فقد استخدم في وقت من الأوقات في صناعة العملة في روسيا، وليس من المستبعد أن يحتل هذا المعدن الثمين مكانة الذهب يوماً ما كغطاء للنقد. ولا تفي كميات البلاتين الموجودة في الوقت الحاضر بأغراض العلم والصناعة والفنون، ولو أن أبحاث التنقيب الحديثة في جنوب أفريقيا تشير إلى وجود شعب بلاتينية واسعة.

ويجب ألا تملي التقاليد علينا دائماً ما نعمله، فما كان يصلح في الماضي ربما لا يصلح في المستقبل ومن يدري فربما نظرت الصناعة إلى المستقبل بعقلية متحررة كعقلية العلم.

والقول بأننا نرى الغد في أنبوبة الاختبار، لهو قول حق. ففي عام ١٩٤١ استهلكت أمريكا ما قيمته أربعة بلايين من الجنيهات من مواد لم تكن معروفة قبل عام ١٩١٨.

ويجب على رجال المال والمستثمرين على السواء أن يلموا بعض الكيمياء حتى يعرفوا أن الكيميائي بتقديمه الكافور المحضر صناعياً لم يعمل على تحرير بلاده من احتكار اليابان لهذا الناتج الرئيسي لصناعة التصوير فحسب، بل عمل أيضاً على خفض الأسعار من مستوى يكاد يكون خيالياً إلى أسعار مناسبة. وقد حدث نفس الشيء عندما استعيض عن الحرير بالنايلون فأمكن تحسينه وخفض سعره. أضف إلى ذلك الزيادة الهائلة في إنتاج الكحول الميثيلي اللازم لصناعة البلاستيك و غيره من المواد الهامة. ففي ثمانية أعوام زاد الإنتاج السنوي في أمريكا من $\frac{1}{2}$ مليون جالون إلى ٢٥ مليون جالون، وانخفض سعره من ٣٥ قرشاً للرطل الواحد إلى عشرة قروش.

ويروى عن أحد رجال الأعمال المرموقين هذا القول: "إن الحدود التي تحدنا في الوقت الحاضر هي حدود العلم".

الفصل السادس والثلاثون

المواد الأولية الإستراتيجية

نشرت حكومة الولايات المتحدة في السنوات الأخيرة قوائم بأسماء المواد الأولية الإستراتيجية اللازمة للدفاع الوطني، والتي يتم استيرادها إما كلياً وإما جزئياً من خارج القارة الأمريكية. وهذه القوائم دائمة التغيير بالحذف أو بالإضافة حسب ما تمليه الضرورة سواء في السلم أو في الحرب.

ومن بين ما تحويه القائمة الحالية ما يأتي:

ألمونيوم _ أنتيمون _ كروميوم _ كو بالت _ مانجنيز _ مايكا _ زئبق _ نيكل _ زجاج العدسات _ بلورات كوارتز _ كينين – مطاط _ حرير _ قصدير _ تانجستن _ صوف.

والقصد من إعداد هذه القوائم اتخاذ العدة لشتى الاحتمالات الحربية أو الاقتصادية ما يستدعي الأمر معه اللجوء إلى التخزين أو محاولة إيجاد بديل لها.

و تعتبر الولايات المتحدة من أكبر البلاد المنتجة للألمونيوم . وهي تستورد حالياً خام البوكسيت اللازم لصناعة الألمونيوم من غيانا بأمريكا الجنوبية. ولكن عندما يستدعي الأمر يمكن صناعته من الخام المحلي الأقل جودة والموجود في أركنساس و هايتي و جامايكا.

ويستخدم الألمونيوم في صناعة الطائرات، غير أن الصلب والنحاس وغيرهما من المعادن يمكن استخدامها أيضاً في كثير من الأحوال.

ويعتبر استهلاك الأنتيمون ضئيلاً. وهو معدن ضروري في صناعة حروف الطباعة. كما أنه يدخل في صناعة بعض السبائك الأخرى. ويمكن للكالسيوم أن يحل محله في

تقوية الشباك الرصاصية المستعملة في صناعة المراكم. ويستورد من آسيا معظم الأنتيمون الذي تستخدمه أمريكا على هيئة كبريتيد الأنتيمون، ولكنه موجود في نفس الوقت في المكسيك.

وتحتاج صناعة الأنواع الحديثة من الصلب إلى معدل الكرميوم والمنجنيز. ولما كان إنتاج أمريكا من معدن الكروميوم ضئيلاً نسبياً نظراً لقلة المعدن في خاماتها، فإنها تستورد عادة ما يقرب من ٤٠٠ ألف طن من الخام. و تمتلك الفيليبين رواسب واسعة من خام الكروميت، غير أن المحيط الهادي يقف حائلاً بين أمريكا وبين هذا المصدر الغني. وعلى الرغم من قرب كوبا من أمريكا مما يجعل خاماتها عوناً كبيراً في حالات الطوارئ، فإن مواردها لا تفي بكل احتياجات أمريكا. أما عن روديسيا والهند وتركيا وروسيا وكاليدونيا الجديدة وأفريقيا البرتغالية فهي غنية جداً بخام الكروميت، إلا أنها بعيدة عن أمريكا كل البعد. وفي عام ١٩٤٣ أمكن استنباط طرق جديدة لتركيز المعدن في خامات مونتانا الفقيرة. و تبشر هذه الطرق بنتائج حسنة قد تؤدي إلى اكتفاء أمريكا الذاتي.

أما عن الموقف بالنسبة للمانجنيز ذلك المعدن الهام في صناعة الصلب، فإن مشكلة إنتاجه تعتبر أقل حرجاً من مشكلة الكروميوم، إذ تستخرج أمريكا حالياً كميات كبيرة من خاماته الفقيرة بالإضافة إلى مليون ومائتي ألف طن من خامات الحديد المحتوي من ٥_١٠٪ مانجنيز. و تسد خامات البرازيل وكوبا الغنية معظم طلبات أمريكا من هذا المعدن. وتعتبر روسيا والهند أكبر الدول المنتجة له. ولما كان استهلاك أمريكا من خامات المانجنيز يزيد على مليون طن سنوياً، بينما ما تنتجه كوبا والبرازيل والولايات المتحدة مجتمعة لا يزيد على نصف هذه الكمية، فإن هناك مجالاً للقلق على صناعة الصلب في أمريكا، وهي تستهلك ثلاثة عشر رطلاً من المانجنيز لكل طن من الصلب.

ويدخل الكوبالت مع بعض المعادن الأخرى في تركيب سبائك لها خاصية مقاومة الأحماض، وتستعمل إحدى هذه السبائك في صناعة صمامات العادم في الطائرات. وتعتمد الولايات المتحدة في استيراده على كندا وجنوب أفريقيا.

و موارد أمريكا الطبيعية من المايكا لا تفي بكل ما تحتاجه لصناعة مواد العزل الكهربية. وتدفعها الحاجة إلى استيرادها بكميات كبيرة من الهند. وقد اكتشفت حديثاً مايكا صناعية ممتازة تستعمل في الأجهزة الإلكترونية.

ويستعمل الزئبق في الأغراض العلمية وفي طب الأسنان وفي القذائف الشديدة الفتك. و تستهلك أمريكا كميات كبيرة منه تصل إلى ١٥٠٠ طن سنوياً ولا تنتج عادة إلا نصف هذه الكمية فقط، ويبدو أن احتياجات الاستعداد للحرب تدفعها إلى المخاطرة باستنفاد خامات الزئبق الموجودة فيها.

أما النيكل فهو معدن ضروري جداً لصناعة الصلب وعمليات التغطية بالنيكل كهربياً. و تعتمد الولايات المتحدة على كندا كلياً في استيراد الكميات اللازمة لها والتي تصل إلى ٦٠ ألف طن سنوياً.

ويبعث وضع كندا الجغرافي على الطمأنينة إذ أنه من المستبعد أن يفصل العدو كندا عن أمريكا في حالة الحرب. إن كندا عليها أن تزود بريطانيا أيضا بالنيكل كما تقضي بذلك الروابط بينهما.

وتستورد أمريكا الزجاج الخاص المستعمل في الآلات البصرية والعدسات من الخارج، وتبدو أهمية هذا النوع من الزجاج بوضوح في الأغراض العسكرية حيث يدخل في صناعة آلات التصوير ومنظار الميدان و البرسكوبات "منظار الغواصة".

ويسبب الكينين للأمريكيين قلقاً بالغاً، إذ تحصد الملاريا آلاف الأرواح و تترك آلاف المرضى في حالة سيئة من الضعف والإعياء، ولاشيء سوى الكينين يحد من بطشها. حقيقة إنه أمكن اكتشاف عقار أو اثنين جديدين ولكنهما أقل من الكينين مفعولاً.

وقبل قيام صناعة المطاط الصناعي كانت أمريكا تستورد ٦٠٠ ألف طن سنوياً من المطاط الطبيعي من جزر الهند الشرقية لتستخدمه في صناعة إطارات السيارات والطائرات وغيرها من الصناعات الأخرى. وقد تغير الوضع في الوقت الحاضر إذ قامت

عدة صناعات المطاط الصناعي مبنية على البترول أو الأسيتلين. وتقوم هذه المصانع حالياً بإنتاج ضخم ينافس المطاط الطبيعي في السعر ولا يقل عنه في الجودة، وقد تطلب قيام هذه الصناعة بذل مجهودات كبيرة وعوناً مالياً كبيراً من الحكومة. وهناك صناعة استرداد المطاط المستعمل، ولو أنها تنتج مطاطاً قليل الجودة.

ولم تعد الحاجة ماسة إلى الحرير بعد اكتشاف النايلون الذي حل محله في صناعة الملابس والباراشوت. وتستعمل أكياس الرايون حالياً في حفظ البارود خلف القذائف الكبيرة التي تطلقها المدافع. وكانت أمريكا تدفع ٧٠ مليون جنيه سنوياً ثمناً للحرير الذي تستورده، غير أن ذلك لن يحدث في المستقبل.

أما عن القصدير فإن أمريكا تستورده من جزر الهند الشرقية بطرق غير مباشرة. وقد قبلت بوليفيا أن تورد لها بعض خام القصدير المحدود الكمية الذي تملكه، و تستهلك الولايات المتحدة ٧٥ ألف طن من هذا المعدن سنوياً، بينما تنتج ١١٠ أطنان فقط من خام آلاسكا. ويستعمل نحو ٤٠ ٪ من القصدير المستورد في تبطين ١٩ بليون علبة من الصفيح وهي الكمية التي تنتجها أمريكا و٣٠٪ أخرى من سبائك اللحام ومحاور الآلات. ومن الممكن الاستعاضة ولو جزئياً عن العلب المصنوعة من الصفيح بأوعية مصنوعة من الصلب المبطن بالألمونيوم أو بعلب الكرتون المطلية باللاكيه أو الأوعية الزجاجية.

ويعتبر التانجستين المستورد معظمه من الصين ضرورياً لصناعة الآلات الحادة ذات السرعة العالية المستعملة في قطع الصلب واللازمة للصناعات الهامة. وتستخرج أمريكا بعض خامات التانجستين الموجودة في كولورادو وأريزونا. ومن الممكن استبدال نصف التانجستين المستعمل في صناعة الآلات الحادة القاطعة بمعدن الموليبدنيوم الذي تملك أمريكا الكثير منه في كولورادو.

وينتج الصوف بكميات كبيرة ولو أنها غير كافية في أمريكا ما يدفع الأمريكيين إلى استيراده من استراليا والأرجنتين. وقد لجأت بعض الدول التي تنتج القليل من الصوف

إلى استنباط طرق حديثة لصناعة الملابس الثقيلة من ألياف الكازيين المعالجة، ولاقت في ذلك بعض النجاح، وربما يأتي اليوم الذي تقدم فيه الكيمياء منافساً قوياً للصوف.

وهناك قائمة أخرى رسمية بأسماء "المواد الحرجة" التي يعتبر مركزها أقل خطورة إما لأن أمريكا تنتج الكثير منها أو لأنها أقل أهمية للدفاع الوطن.

المواد الحرجة:

الأسبستوس _ الكادميوم _ زيت الخروع _ البن – الفلين _ الكريوليت _ بذر الكتان _ الفلورسبار _ الجرافيت _ الجلود _ الألماظ الصناعي _ اليود _ الجوت _ الكابوك _ الأفيون _ الفنيك _ البلاتين _ الزجاج العلمي _ التانين _ التيتنيوم _ الفاناديوم.

وتعتمد أمريكا على كندا فما تحتاجه من البلاتين والأسبستوس. وقد بدأت حديثاً في إنتاج معظم ما تحتاجه من الفاناديوم. ومن الممكن زراعة بذرة الخروع في أمريكا وكل ما تحتاجه هو بعض العناية و التشجيع للزراع.

ومن بين المواد الأساسية _التي تنتجها أمريكا بكميات هائلة_ مواد السنفرة والأسيتون والكحول والكافور الصناعي والقطن "سليولوز" والكلور والفحم والنحاس والهليوم والحديد والصلب والبترول والمغنيسيوم والرصاص والفوسفات والبوتاسا الكاوية والموليبدنيوم والكبريت والخشب والزنك.

ويعتبر الكوارتز مادة إستراتيجية هامة. وقد حدث في وقت من الأوقات نقص خطير في بلورات هذه المادة النقية التي تصنع منها شرائح رقيقة جداً تستعمل في الإرسال اللاسلكي. ويرجع الفضل في إنقاذ الموقف إلى البرازيل والرواسب التي اكتشفت حديثاً في أمريكا نفسها.

ولما كانت مناجم خام الحديد الجيد في منطقة بحيرة سوبيريور على وشك النفاد، فقد اعتبر الأمريكيون الأخبار التي تناهت إليهم عن إمكان استغلال خام التاكونيت الفقير بالحديد واكتشاف رواسب جيدة من الحديد الخام في كويبك أخباراً مشجعة.

وتصنع سترة النجاة _التي يرتديها الطيارون_ من ألياف الكابوك الذي ينمو في المناطق الاستوائية. ولما نقصت هذه الألياف تمكن بوريس بركمان من الاستعاضة عنها بألياف قرون نبات آخر هو الميلكويد. وقد نجحت هذه الألياف في الحلول محل ألياف الكابوك، وينتظر أن يعمم استعمالها في وقت السلم لنسج البطاطين والملابس الخفيفة الواقية.

بقدر ما لدى الولايات المتحدة من مواد إستراتيجية مخزونة بما قيمته بليونان من الجنيهات، والمنتظر أن يزيد هذا الرقم إلى ثلاثة بلايين.

الفصل السابع والثلاثون

الطاقة الذرية والقنابل الذرية

سبق أن تحدثنا في الفصل الثاني عشر والثالث عشر عن اليورانيوم وتركيب الذرة. و نعود فنكرر أن الذرة ما هي إلا فراغ يمكن تشبيهه بالمجموعة الشمسية، يتركز معظم وزنها أو كتلتها في النواة التي تشغل حجماً ضئيلاً جداً بالنسبة لحجم الذرة، وتدور الإلكترونات حول النواة.

وما النواة إلا صرة صغيرة من بروتونات موجبة التكهرب و نيوترونات لا شحنة لها إطلاقاً مرتبطة بعضها البعض بقوة. ولما كان هناك بروتون واحد في ذرة الإيدروجين ــ" أخف الذرات كلها" ثم يزداد عدد البروتونات بانتظام في كل الذرات حتى يصل إلى ٩٢ في اليورانيوم الثقيل_ كان من السهل ترتيب العناصر في قائمة حسب أرقامها الذرية مبتدئين برقم ١ للإيدروجين إلى رقم ١٠١ لأحدث العناصر اكتشافاً.

وتضم هذه القائمة الأوزان الذرية أيضاً، ولو أنها كثيراً ما تحتوى على كسور.

وكما عرفت في الفصل الثاني عشر، فإن معظم العناصر توجد في الطبيعة كمخلوط من صور متشابهة كيميائياً "النظائر"، ولكنها ذات أوزان ذرية مختلفة. حتى غاز الإيدروجين العادي يتكون من نظائر ثلاثة، ولكن أغلبه من الإيدروجين الخفيف الذي يبلغ وزنه الذرى "واحداً".

والآن لنبحث عن دلالة الرمزي $_{٩٢}$يو$_{٢٣٨}$ ذلك العنصر الأساسي في تطور الطاقة الذرية والقنابل المتعلقة بها. إن هذا يعني ببساطة أن اليورانيوم هو العنصر الثاني والتسعين في قائمة العناصر "رقمه الذري ٩٢"، وإننا نرمز إلى ذلك النوع "النظير" الذي وزنه الذري ٢٣٨. وهذا النظير يكون معظم اليورانيوم المعروف. ولكن مفتاح

القمة الطويلة المشوقة لتفجير الذرة هو اليورانيوم المصاحب له وهو٩٢يو٢٣٥ والذي يكون أقل من ١ من اليورانيوم المعروف.

ولكن ما كان للطاقة الذرية أن تنطلق من عقالها قبل أن يكتشف النيترون، الذي يرجع الفضل في التعرف عليه إلى شادويك في انجلترا، وهو الذي تمكن في عام ١٩٣١ من قذف البريلليوم بجزيئات ألفا التي تنبعث من البولونيوم تلقائياً.

ويرجع السبب في قدرة النيترونات الفائقة على اختراق المادة إلى خلوها من الشحنات الكهربية. فهي بذلك لا يمكن أن تصدها أو تغير مجراها النويات الموجبة التكهرب.

وهكذا بدأت القصة و أخرجت ثم تأخر إزاحة الستار عنها بعض الوقت، إلى أن جاء عام ١٩٣٨ حين تمكن هان وستراسمان في ألمانيا من شطر ذرة اليورانيوم إلى جزأين أو أكثر، مع فقدان لجزء من كتلتها وانطلاق طاقة هائلة. وكان هذا الكشف مؤيدة لتنبؤات أينشتاين الأولى، حين قال إنه من الممكن أن تتحول المادة إلى كميات هائلة من الطاقة.

وإنه لمما لا شك فيه أن هان قد اعتمد على الأبحاث الأساسية التي قام بها فيرمي الإيطالي من قبل. وقد أيدت بحوث هان وستراسمان فيما بعد بواسطة لايزمايتنر إحدى النساء المبرزات في ميدان العلم، وقد تبعها في ذلك علماء عديدون.

وتحت تهديد الحرب رصدت حكومة الولايات المتحدة مبالغ طائلة تحت تصرف مشاهير علماء الكيمياء والطبيعة للبحث في احتمالات الاستفادة حربياً من هذا الكشف. وقد سار التقدم في البحث في مجال القنبلة الذرية والطاقة الذرية جنباً إلى جنب مع زيادة الاهتمام بالقنابل الذرية نفسها.

وقد استغرق صنع القنبلة الذرية الأولى عامين ونصف عام من الجهد المتواصل الذي بذله مائة ألف عالم و مهندس، و تكلف صنعها ستمائة مليون من الجنيهات.

وسرعان ما عرف أن اليورانيوم "٢٣٥" والذي يكون أقل من ١٪ من اليورانيوم

المعروف، هو الجزء القابل للشطر عندما تقذف نواته بالنيترونات ذات السرعة المناسبة، وعند ذلك يتحول جزء من كتلته إلى طاقة "تخرج على هيئة حرارة".

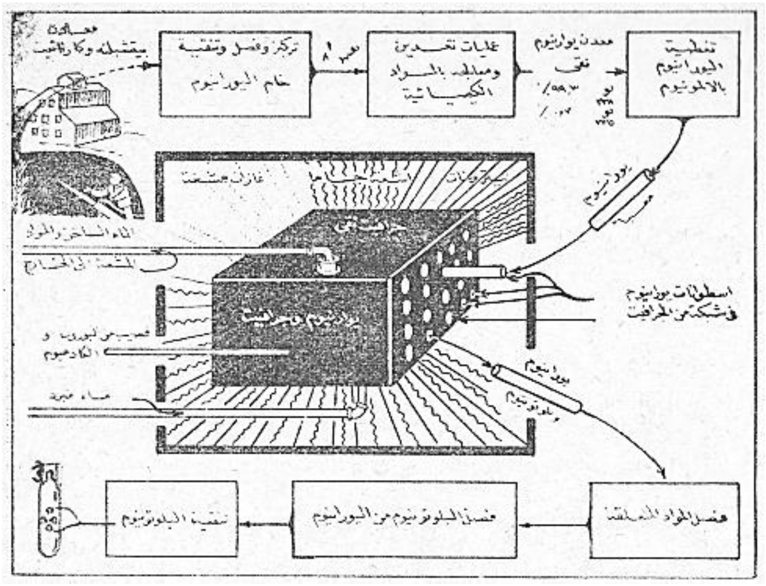
وقد أظهر فيرمي _الذي كان يعمل سراً في ملاعب الرياضة بجامعة شيكاغو_ أنه يجب تقليل سرعة النيترونات ذات السرعة الهائلة "إما بالجرافيت وإما بالماء الثقيل" إلى درجة تسمح لنواة ذرة اليورانيوم"٢٣٥" بالاستحواز عليها . وكان فيرمي يقوم بعمله هذا سراً في إستاد الجامعة ومن حوله الطلاب يلعبون ويمرحون في ملاعبها لا يدرون من أمره شيئاً.

وقد خابت الآمال المبدئية التي دارت في نفوس علماء شيكاغو عندما اكتشفوا أن التفاعلات التي تحدث لذرات اليورانيوم"٢٣٥" تخبو فجأة تحت تأثير ذرات اليورانيوم"٢٣٨" والتي تكون الغالبية العظمى من اليورانيوم العادي، و بذلك يقف التفاعل وتتوقف الطاقة عن الانطلاق.

وقد تعلقت الأبصار بالتفاعل الآتي:

يورانيوم (٢3□) + بطيئة نيترونات ← باريوم + كريبتون + **2** نيترونات + حرارة

وتقذف هذه النيترونات الجديدة الناتجة من التفاعل بدورها ذرات أخرى من اليورانيوم (٢٣٥) وهكذا تمضي في تفاعل متسلسل كان من الممكن أن يصبح تلقائياً ومدمراً لولا وجود اليورانيوم"٢٣٨".



"محطة توليد ذرية"

ولم يكن الأمر يخلو من مخاوف أولها حدوث التفاعل والانفجار تلقائياً. إلا أن هذه المخاوف سرعان ما تبددت حين اتضح أنه من الممكن التحكم في العملية، وذلك بدفع قضبان من الكادميوم داخل شبكة اليورانيوم وخارجها.

ولم يكن من المستطاع صنع القنبلة الذرية عملياً إلا بعد أن ثبت أن التفاعل لا يحدث إلا إذا توفرت كمية معينة سميت "الكمية الحرجة" من اليورانيوم"٢٣٥"؛ وعلى هذا الأساس كانت القنبلة الذرية الأولى عند إسقاطها مجهزة بما يمكن من تجميع الكميات الصغيرة من يورانيوم"٢٣٥" بحيث تصل إلى الكمية الحرجة عند وصولها إلى الهدف.

أما الاكتشاف الهام الذي تلا ذلك فكان تحويل اليورانيوم"٢٣٨" العديم التفاعل إلى عنصر جديد رقمه الذري ٩٤ أو البلوتونيوم"٢٣٩"، وذلك بمعالجته على ثلاث خطوات بنيترونات ذات سرعة مناسبة. وقد وجد أنه من الممكن شطر البلوتونيوم(٢٣٩) بقذفه بنيترونات ذلت سرعة ملائمة، وبذلك أصبح صالحاً للاستعمال في صنع القنبلة الذرية.

ثم تلا ذلك كشف خطير آخر تنبأ به أستون بانجلترا في عام ١٩٢٨، حين قال إنه في درجات الحرارة العالية يمكن أن تتحد ذرات الإيدروجين أو نظائره لتكون غاز الهليوم، وتفقد في هذه العملية بعض كتلتها التي تنطلق في صورة طاقة كبيرة. وكانت القنبلة الذرية العادية هي مصدر درجات الحرارة العالية المطلوبة والتي قد تصل إلى ١٠٠ مليون درجة فهر نهيت. غير أن العلماء لم يكن لديهم أمل في الحصول على نتيجة من استخدام الإيدروجين العادي "يد$_{١}$"بينما كان لديهم القليل من الأمل في الديوتيريوم "يد$_{٢}$" في حين أنهم كانوا على ثقة من الحصول على بغيتهم من التريتيوم "يد$_{٣}$" ، فاتجهوا إلى تحضيره _ولم يكن معروفاً من قبل_ وتمكنوا من ذلك ولكن بنفقات باهظة جداً، وذلك عن طريق قذف أحد نظائر الليثيوم "ليثيوم$_{٦}$"بواسطة النيترونات.

ويتكون قلب القنبلة الإيدروجينية _التي تعتبر أقوى بكثير من القنبلة الذرية_ من قنبلة ذرية تعمل كمصدر للحرارة العالية "التي يتطلبها التفاعل" محاطة بليثيوم$_{٦}$ الذي يولد التريتيوم. وبفعل النيترونات المقذوفة يتحول التريتيوم إلى هليوم ويصحب التفاعل انطلاق مفجر للطاقة. وربما أدى إلى تفجير غطاء اليورانيوم"٢٣٨" أيضاً، وعلى أية حال فإن هذه الأمور كلها محوطة في تفاصيلها بالسرية التامة.

وقد أصبح العالم كله يعرف أنه بجانب وميض الحرارة المدمرة والإشعاعات الذرية والموجات الانفجارية اللافحة يوجد هناك خطر آخر ناشئ عن السحب المحملة بالغبار الذري والتي تحملها الرياح مسافات بعيدة. وهي تلوث في طريقها كل شيء كالملابس والأطعمة ومنابع المياه والمساكن و غيرها.

وتتخذ الاحتياطات في بعض البلاد الكبرى للوقاية من أخطار القنبلة الذرية، ومن ذلك إنشاء محطات للرادار تكشف الهجوم قبل حدوثه أو رسم خطط كاملة لإجلاء السكان عن المدن الكبرى في وقت قصير أو بناء مخابئ. وبدخولنا في العصر الذري أصبحت الكثرة العددية للجيوش غير هامة، ولا يعوق قيام حرب ذرية إلا خوف الأطراف المتناحرة من الانتقام السريع الجبار الذي لا يبقى ولا يذر.

بني أول مفاعل ذري بأمريكا وكان ذلك بقصد استخدامه في أغراض تفجير القنبلة الذرية الأولى. وكان لهذا المفاعل كافة الإمكانيات التي تمكنه من ذلك.

تم تغير الوضع بسرعة حيث تعاونت الحكومات والصناعات في بناء محطات ذرية لتوليد القوي، ويحتمل أن تكون انجلترا أكثر تقدماً من أمريكا في هذا الميدان وذلك بالنظر لفقرها النسبي في إنتاج الفحم.

ويعتبر احتمال الحصول على طاقة ذرية رخيصة وغير محدودة مصدر أمل للبلاد المتخلفة اقتصادياً. وتتعاون الدول فيما بينها حالياً لتحقيق هذا الغرض عن طريق تبادل المعلومات والخبرة الفنية.

ويكفي أن نعلم أن شطر ذرة واحدة من اليورانيوم(٢٣٥) تنتج عنه طاقة تعادل ٥٠ مليون مرة تلك التي تنطلق من ذرة واحدة من الكربون.

وليست منافسة الذرة للفحم كوقود على أسس اقتصادية سليمة بالأمر الهين. فالمحطات الذرية التي تبنى حالياً ليست إلا مجرد أجهزة تعليمية. ولكن المأمول أن تنخفض التكاليف بالخبرة. وقد لا تمضي عشر سنوات إلا وتكون المحطات الذرية الضخمة قد انتشرت في بقاع الأرض تنافس الفحم في مصادره أو تشترك معه كمصدر رئيسي من مصادر الطاقة. وربما اقتصر استعمال الفحم في النهاية على كونه مصدراً لإنتاج المواد الكيميائية والوقود بنوعيه السائل والغازي.

وتملك الدول الكبرى حالياً غواصات تعمل بالطاقة الذرية، وربما تمكنت في القريب من تزويد البواخر الكبرى بمحركات ذرية أيضاً. على أنه ليس من المحتمل استعمال المحركات الذرية في سيارات الركوب والنقل نظراً لضخامة التكاليف وثقل وزن المواد التي تستعمل لحجب الإشعاعات الذرية.

هذا والأمر لا يعدو أن الحرارة المتولدة في المولدات الذرية تستعمل في تحويل الماء إلى بخار يستفاد منه كما هو الحال في محطات التوليد العادية.

ويستخدم اليورانيوم كوقود في المحطات الذرية وكذلك الثوريوم الذي أصبح قابلاً للانفلاق. ومن بين الآراء ما يذهب إلى أن أملاح اليورانيوم التي تذوب في الماء قادرة على تحويل الماء إلى بخار بمجرد بدء التفاعل الذري. على أنه يمكن تلطيف هذا التفاعل إذا استبدل بالماء العادي الماء الثقيل الباهظ الثمن.

ومن بين الآراء أيضاً ما ينادي باستخدام وقود مكون من سبيكة منصهرة من اليورانيوم والبزموث. هذا ومن الممكن استخدام الماء "تحت ضغط مرتفع" أو سبيكة منصهرة من الصوديوم أو البوتاسيوم تمر في شبكة من الأنابيب لتحمل الحرارة الناتجة من التفاعل بعيداً إلى شبكات أخرى تحتوي على الماء فتحوله إلى بخار.

ولقد أنفقت أموال طائلة بغرض البحث عن مواد أكثر من الصلب احتمالاً لدرجات الحرارة العالية أو الإشعاعات الذرية القوية، ويعتبر الزيركونيوم من المواد المفضلة من هذه الناحية، ولو أنه من الصعب استخلاصه من خاماته. غير أنه يمتاز بارتفاع درجة انصهاره ومقاومته للصدأ والتآكل، ومقدرته على عدم امتصاص النيترونات.

وتشكل الفضلات المتخلفة من محطات الطاقة الذرية مشكلة خطيرة. فهي مصدر خطر كبير إذا ما ألقيت في الأنهار والجداول أو حتى في المحيطات. ومن المؤكد أنه لا يمكن التخلص منها بإلقائها في الصحاري. وربما أمكن التخلص منها بصهرها مع بعض أنواع من الطفل ثم دفنها عميقاً في باطن الأرض.

وربما كانت أحسن وسيلة للتخلص من هذه الفضلات ما يحدث حالياً من الانتفاع بالإشعاعات المنبعثة منها في البحوث و الصناعة.

النظائر المشعة

إذا عرضنا معظم العناصر لتأثير المفاعل الذري فإنها تعطي نظائر جديدة تشبه الراديوم في إشعاعها. ومن أمثلة ذلك أن الكوبالت يمكن أن يحل محل الراديوم المرتفع الثمن إذا ما استعمل في علاج السرطان السطحي.

وتعتبر النظائر المشعة الأخرى "على هيئة أملاح قابلة للذوبان" وسائل لا غنى عنها في البحث لتتبع دورة بعض المواد في أنسجة النبات والحيوان. وهذه بلا شك خطوة سوف تؤدي إلى تقدم الطب والزراعة.

وهناك نوع من الأجهزة يسمى "عداد جايجر" يتتبع أثر هذه المواد المشعة. وكثير من التفاعلات الكيميائية تؤثر فيها الإشعاعات الصادرة من مثل هذه النظائر، و تعتبر في الوقت ذاته وسائل للكشف عن هذه الإشعاعات.

ولا يدري الإنسان ماذا ينبئ به الغد، فقد تكون الطاقة الذرية مصدر خير للبشرية في المستقبل يغلب النفع منها على الأضرار الناجمة عنها

تعريف بالمؤلف

ولد هاري نيكولز هولمز بمقاطعة لورانس – بنسلفانيا بأمريكا في ١٠ يوليو سنة ١٨٧٩، وحصل على درجة الماجستير في الكيمياء ثم الدكتوراه من جامعة جون هوبكنزر سنة ١٩٠٧.

وبدأ حياته الجامعية مدرساً للكيمياء بكلية إبرلهام بريتشموند_ إنديانا في عام ١٩٠٧، وظل بها إلى سنة ١٩١٤ حيث وصل إلى درجة الأستاذية.

ثم عين أستاذاً للكيمياء بكلية أبولرلين في عام ١٩١٤ وظل بها حتى عام ١٩٤٥. وقام خلال هذه الفترة بأبحاث هامة في الكيمياء الغروية.

وقد انتخب عضواً ثم رئيساً لشعبة الكيمياء الغروية بالمركز القومي الأمريكي للبحوث، ثم رئيساً للجمعية الكيميائية الأمريكية. ومنح عدة جوائز منها ميدالية أوبرلين سنة ١٩٤٥ والميدالية الذهبية للجمعية الكيميائية الأمريكية سنة ١٩٥١.

ومن مؤلفاته:

- الكيمياء العامة وقد نشر عام ١٩٢١ وأعيد طبعه عام ١٩٣٠، ٣٦، ٤١، ١٩٤٩.
- المرجع في الكيمياء الغروية نشر عام ١٩٢٣.
- مقدمة في الكيمياء الغروية نشر عام ١٩٢٥ وأعيد طبعه عام ١٩٣١، ٣٩، ٤٦، ١٩٥١.
- من خلال أنبوبة الاختبار نشر عام ١٩٣٤ وأعيد طبعه عام ١٩٣٧، ٤٠، ٤٣، ١٩٥٧.
- المواد الإستراتيجية والدفاع الوطني نشر عام ١٩٤٦.

هذا بخلاف ما يزيد على سبعين بحثاً علمياً مبتكراً. وتوفى عام ١٩٥٨.

الفهرس